

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Medicina



TESIS DOCTORAL

Protocolo de evaluación de las fracturas y fracturas-luxación de coronoides aislada mediante Tomografía Computarizada Multidetector: Análisis morfológico, reproducibilidad y utilidad clínica.

M^a Begoña Gutiérrez San José

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Medicina



TESIS DOCTORAL

Protocolo de evaluación de las fracturas y fracturas-luxación de coronoides aislada mediante Tomografía Computarizada Multidetector: Análisis morfológico, reproducibilidad y utilidad clínica.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

M^a Begoña Gutiérrez San José

DIRECTORES

Antonio María Foruria de Diego

Alberto Alonso Burgos

Madrid, 2017



DEPARTAMENTO DE MEDICINA

FACULTAD DE MEDICINA

D. Antonio María Foruria de Diego, Jefe Asociado de Cirugía Reconstructiva de Miembro Superior y Profesor Asociado de Cirugía Ortopédica y Traumatología de UAM y **D. Alberto Alonso Burgos**, Profesor Asociado de Radiología de UAM, directores de la Tesis presentada por M^a Begoña Gutiérrez San José,

CERTIFICAN

Que la Tesis Doctoral que presenta M^a Begoña Gutiérrez San José titulada **“Protocolo de evaluación de las fracturas y fracturas-luxación de coronoides aislada mediante Tomografía Computarizada Multidetector: Análisis morfológico, reproducibilidad y utilidad clínica”**, se ha realizado bajo su dirección y se presenta para optar al Grado de Doctor cumpliendo todos los requisitos, siendo apta para su defensa ante el Tribunal designado.

En Madrid a 8 Mayo de 2017

Antonio M Foruria de Diego

Alberto Alonso Burgos

A Carlos, Claudia e Irene.

Nihil sine magno labore vita dedit mortalibus

Horacio

AGRADECIMIENTOS

En el tiempo transcurrido durante el desarrollo de este trabajo han estado presentes muchas personas a las que, de algún modo u otro, dedico toda mi gratitud:

Mis padres, grandes personas, ejemplo de bondad y generosidad. Infinito agradecimiento por su inmenso amor y dedicación a su familia. Por saber confiar en sus hijos, darles autonomía y apoyarles y acompañarles en todas sus decisiones. Mi mayor referencia.

Carlos, por estar siempre, siempre. Por esa cabecita privilegiada que me admiró y por demostrarme que además iba unida a un corazón si cabe aún mejor. Porque a pesar de tantos años siempre es nuevo y mejor. Porque juntos estamos en el proyecto más ilusionante de todos, nuestra familia.

Mi hijas Claudia e Irene, que son el mejor de los regalos. Por su amor incondicional y por permitirme volver a ver las cosas con magia. Por enseñarme tantas cosas importantes y poder participar de sus nuevos descubrimientos cada día. Porque son mi razón.

Mis hermanos, Raquel y Manuel, por estar siempre cerca y “saber hacer familia”. Junto con mis cuñados y mis sobrinos, la familia sigue creciendo.

Mis suegros y mi cuñada Teresa, porque sin su ayuda no hubiera sido posible dedicar tantas horas a este proyecto.

El Doctor Villacastín, siempre generoso, ha sido el impulsor de este proyecto. No puedo dejar de agradecerle su confianza en mí y su constante ayuda. Fue mi primer contacto con la radiología durante la residencia, pero sobre todo ha sido la persona que me ha mostrado el gratificante camino de la docencia. Gran persona, querido por todos, ejemplo de profesional.

Elena Fontoira, mi mentora, es la razón de que hoy me dedique a la radiología musculoesquelética. Su amplio dominio de la especialidad despertó en mí la curiosidad por la imagen osteoarticular y me llevó a Nueva York a rotar con el Doctor Javier Beltrán. A la vuelta, pude comenzar mi andadura profesional a su lado. Mi más sincero agradecimiento, por compartir sus conocimientos, y por haber sido la razón de que me dedique cada día a esta subespecialidad que tanto me gusta.

Antonio Foruria, director de esta tesis. GRACIAS, y más gracias. En él se dan todas las cualidades que van de la mano en los grandes profesionales: gran generosidad, y respeto por su profesión, por el paciente y por la actividad científica. Siempre con la mejor de las disposiciones guiándome, y resolviendo mis dudas en todo momento. Ha sido un autentico placer poder aprender de él y trabajar juntos en este proyecto.

Alberto Alonso, director de esta tesis. Por guiarme en la composición de la imagen, pero sobre todo por enseñarme y ser ejemplo de que la fuerza de voluntad y el trabajo son la mejor herramienta que tenemos.

Olivia, mi coR, porque juntas hemos compartido y vivido muchos momentos especiales en estos trece años.

Mis nuevos compañeros de trabajo, Willy y Beatriz. Por la pasión que tienen por su especialidad. Por haber sabido hacer equipo. Por apoyarme, y colaborar en este proyecto. Trabajar cada día con ellos es estimulante... ¡y tan fácil!.

Mis compañeros en la Fundación Jiménez Díaz, que son además amigos. Por hacer que cada día salgan unas risas en la jornada de trabajo. Trabajar sin ellos no sería lo mismo.

Mis amigas del colegio, porque a pesar de la distancia que nos separa siguen estando presentes en todos los momentos importantes, y éste no iba a ser menos.

Mis amigos de la facultad, con ellos viví unos años fantásticos en la Universidad, sin más preocupación que el estudio. Pasados los años y ahora cada uno con su vida familiar y profesional seguimos compartiendo inquietudes, preocupaciones y muchas alegrías.

Las personas que formado parte del Servicio de Rayos de FJD a lo largo de estos años. En especial Ángeles, que confió en mí como profesional y me dio una oportunidad laboral y Ana Belén, que con su gran dedicación y entrega a los pacientes ha sabido hacerse un sitio en la sección de musculoesquelético.

El Servicio de Traumatología de la FJD, por enseñarnos tanto, por contar con los radiólogos para sus proyectos y confiar en nosotros cada día.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

LCMa	Banda anterior del Ligamento Colateral Medial
LCCL	Ligamento Colateral Cubital Lateral
PUDA	Angulación Dorsal del Cúbito Proximal
VA	Angulación en varo
PUTA	Ángulo de Torsión Proximal del Cúbito.
ACH	Articulación Cubitohumeral
ARH	Articulación Radiohumeral
ARCP	Articulación Radiocubital proximal
LCM	Ligamento Colateral Medial
LCMp	Banda posterior del Ligamento Colateral Medial
LCR	Ligamento Colateral Radial
LCLA	Ligamento Colateral Lateral Accesorio
Rx	Radiografía simple
AP	Anteroposterior
L	Lateral
TC	Tomografía Computarizada
TCMD	Tomografía Computarizada Multidetector
MPR	Multiplanar
2D	2 Dimensiones
3D	3 Dimensiones
RM	Resonancia Magnética
T1	Secuencia de RM potenciada en T1
T2	Secuencia de RM potenciada en T2
Artro-TC	Artrografía por Tomografía Computarizada
Artro-RM	Artrografía por Resonancia Magnética
IPLR	Inestabilidad Posterolateral Rotatoria

IPMR	Inestabilidad Posteromedial Rotatoria
ITO	Inestabilidad Transolecraneana
T. Sublime	Tubérculo Sublime
PACS	Sistema de Archivo Digital de Imágenes
KV	Kilovoltaje
mA	Miliamperaje
SPSS	Programa Estadístico
DE	Desviación Estándar
K	Coefficiente Kappa de Cohen
CCI	Coefficiente de Correlación Intraclass
n	Número de pacientes
%	Porcentaje
MIN	Mínimo
MÁX	Máximo
DIST UH	Distancia Ulnohumeral o cubitohumeral
DIST RH	Distancia Radiohumeral
ANT	Anterior
POST	Posterior
MED	Media
CENT	Centro
Mm	Milímetros
mm ²	Milímetros cuadrados
°	Grados
PM	Posteromedial
PL	Posterolateral
p	Valor de Significación Estadística
IC	Intervalo de Confianza
VIP	Reconstrucción Volumétrica de Máxima Intensidad.

RESUMEN

El codo sufre con frecuencia lesiones osteoligamentarias siendo la segunda articulación en luxarse después del hombro a pesar de su congruencia anatómica. En su estabilidad participan tanto estructuras óseas como ligamentosas, habiéndose identificado estabilizadores primarios (proceso coronoides, Ligamento Colateral Cubital Lateral y Banda anterior del Ligamento Colateral Medial) y secundarios (cabeza radial, tendón conjunto de musculatura Flexo-pronadora y Extensora-supinadora y la cápsula articular).

Se denomina inestabilidad simple a aquella en la que solo existe daño de las estructuras de partes blandas, mientras que en la inestabilidad compleja se observa lesión tanto de estructuras de partes blandas como óseas.

La luxación de codo ocurre habitualmente como consecuencia de una caída con el brazo extendido que somete a la articulación a una combinación de fuerzas de compresión, rotación externa y valgo, dando lugar a un tipo de inestabilidad articular simple que ha sido denominada con el término *Inestabilidad Posterolateral* (en la que se produce una rotura o desinserción del ligamento colateral externo, progresando la lesión capsular medialmente por delante y detrás de la articulación). En ocasiones, este mecanismo asocia fracturas de la cabeza de radio y de la coronoides además de la lesión ligamentaria descrita, dando lugar a la denominada “Triada Terrible” del codo o inestabilidad compleja tipo *Inestabilidad Posterolateral Rotatoria en valgo* (IPLR). Recientemente, se ha documentado un mecanismo de lesión alternativo de inestabilidad compleja denominado *Inestabilidad Posteromedial Rotatoria en varo* (IPMR), que se cursa sin luxación articular y se produce con una carga en varo y rotación interna del antebrazo, incluyendo una fractura de la porción anteromedial de la coronoides, una subluxación de la tróclea medial humeral en el lecho de la fractura de la coronoides y la lesión del Ligamento Colateral Cubital Lateral y de la banda posterior del Ligamento Colateral Medial, que es la que permite la rotación del antebrazo medialmente, desencadenando la fractura de la coronoides y la subluxación troclear. Según la intensidad del traumatismo, el lecho fracturario puede crear una lesión por impactación en la cara posterior de la tróclea humeral. Este mecanismo de lesión, a pesar de tener una forma de presentación radiológica habitualmente más sutil y aparentemente menos

grave que la inestabilidad posterolateral rotatoria, se ha asociado con el desarrollo de artrosis a medio-largo plazo, por lo que hasta la fecha, en ambos patrones de inestabilidad compleja se ha considerado necesario el tratamiento quirúrgico.

Las fracturas de coronoides, que se identifican en ambos patrones de inestabilidad, posteromedial y posterolateral, han sido clasificadas según diferentes sistemas basándose en las pruebas de imagen. El primero de ellos, basado en la Radiografía simple, fue el de Regan y Morrey de 1989, que se basa en el porcentaje de coronoides fracturada. Posteriormente, con el desarrollo y mayor disponibilidad de TCMD en los centros hospitalarios, surgieron dos sistemas de clasificación basados en las reconstrucciones multiplanares (MPR) y volumétricas (O'Driscoll en 2003 y el de la Clínica Mayo de 2012). Fue O'Driscoll en 2003 quien a través de su sistema de clasificación relacionó las diferentes localizaciones de las fracturas de coronoides con patrones concretos de inestabilidad compleja. De este modo asoció las fracturas de la punta de la coronoides con el patrón de inestabilidad tipo IPLR y las fracturas de la porción anteromedial de la coronoides con el patrón tipo IPMR. El tratamiento quirúrgico habitual en las fracturas de coronoides consiste en la reparación del LCCL en todos los casos, asociado además a la reparación ósea en aquellos pacientes en los que el fragmento de coronoides supere los 2,5 mm o el 15% de su tamaño en las pruebas radiológicas. Estas indicaciones se han realizado basándose tanto en estudios biomecánicos con cadáveres, como en los resultados obtenidos por diferentes autores en sus series de casos. Sin embargo, teniendo en cuenta que la actitud quirúrgica se va a ver condicionada por las mediciones obtenidas en las pruebas de imagen, llama la atención la ausencia publicaciones que propongan un protocolo de análisis de pruebas de imagen de radiología simple o TCMD (Tomografía Computarizada Multidetector) estandarizado que permita una valoración morfológica homogénea de estas lesiones y por tanto asegurar que las mediciones que se obtengan de las pruebas radiológicas sean fiables y con poca variabilidad intra e interobservador.

La hipótesis de este trabajo es que las fracturas aisladas de coronoides, independientemente de las lesiones de partes blandas u óseas que asocien, son caracterizables de una manera reproducible mediante el análisis morfológico de las reconstrucciones MPR y volumétricas de TCMD. En este contexto, el objetivo principal de esta Tesis ha sido desarrollar un protocolo de análisis de imagen reproducible. Los objetivos secundarios han sido, a través del protocolo de análisis de imagen del TCMD,

describir la localización y morfología de las fracturas aisladas de coronoides, identificar los posibles mecanismos de lesión implicados en estas fracturas y detectar aquellos parámetros con mayor utilidad clínica por su reproducibilidad y representatividad de la lesión.

La población de nuestro estudio quedó constituida finalmente por 34 pacientes diagnosticados de fractura y fractura-luxación aislada de coronoides en nuestro centro hospitalario, desde Diciembre de 2009 hasta Marzo de 2015.

El protocolo diseñado para este estudio incluyó la definición de una serie ejes- basados exclusivamente en estructuras anatómicas del cúbito con el fin de evitar la variabilidad de las posibles incongruencias articulares derivadas de las lesiones- que, combinados entre sí, permiten obtener reconstrucciones MPR constantes y adecuadas para el estudio de las fracturas de coronoides.

Tres observadores independientes y con distinto grado de experiencia analizaron todos los TCMD de nuestra muestra, en dos tiempos diferentes, con un intervalo de tres meses de distancia, y siguiendo en todos los casos el protocolo de análisis de imagen diseñado en este trabajo.

Los resultados de nuestra serie de lesiones traumáticas coronoides aisladas muestran una amplia representación de las fracturas de la porción anteromedial con sus principales características y lesiones asociadas. Sin embargo, en las imágenes de TCMD hemos encontrado una serie de hallazgos de estas fracturas de localización anteromedial- asociadas de manera tradicional al patrón de inestabilidad complejo IPMR- que difieren sustancialmente de lo publicado hasta la fecha en cuanto a su relación con el patrón de inestabilidad IPMR, y por tanto hacen necesario replantear los criterios de los patrones morfológicos de inestabilidad descritos así como su pronóstico, con el fin de permitir un manejo terapéutico más adaptado a cada caso.

En cuanto a la reproducibilidad del protocolo diseñado, se ha observado una concordancia intraobservador excelente en la mayoría de los parámetros en el caso del observador más experimentado, sin embargo ha sido pobre o moderada en los observadores menos experimentados. La concordancia interobservador ha sido aceptable en los parámetros *del área de la superficie articular de la coronoides respetada, el porcentaje del área de la superficie articular de la coronoides fracturada, la altura de la coronoides respetada, el desplazamiento de la fractura de la coronoides*

y el *porcentaje de altura del fragmento coronoides fracturado respecto al total de la altura de la coronoides*, siendo éste último el de mayor utilidad clínica para la clasificación y valoración de la magnitud de las fracturas, ya que es independiente de la variabilidad del tamaño del cúbito entre los diferentes sujetos. La *altura del fragmento de la coronoides*, que es la variable en la que se basan en general los sistemas de clasificación, solo es reproducible en el caso del observador más experimentado según nuestros resultados.

La principal conclusión de este trabajo es que las fracturas aisladas de coronoides pueden analizarse mediante un protocolo de TCMD referenciado exclusivamente al cúbito, obviando cualquier alteración de la alineación o de la congruencia articular.

En cuanto a los objetivos secundarios, podemos concluir según nuestros resultados que la mayoría de las fracturas aisladas de coronoides son de localización anteromedial, y que podrían relacionarse con mecanismos o patrones específicos de lesión diferentes al que han sido clásicamente asociadas. Por último, el protocolo de medición que hemos diseñado es reproducible de manera aceptable en los parámetros del *área de la superficie articular de la coronoides respetada*, el *porcentaje del área de la superficie articular de la coronoides fracturada*, la *altura de la coronoides respetada*, el *desplazamiento de la fractura de la coronoides* y el *porcentaje de altura del fragmento coronoides fracturado respecto al total de la altura de la coronoides*, siendo sin embargo necesaria experiencia adicional para que el parámetro de la *altura del fragmento coronoides* sea reproducible.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	24
1.1 ANATOMÍA DEL CODO	26
1.1.1 OSTEOLOGÍA	26
1.1.2 ARTICULACIÓN	32
1.1.3 CÁPSULA ARTICULAR	34
1.1.4 LIGAMENTOS	35
1.1.5 MÚSCULOS	38
1.1.6 ESTRUCTURAS NERVIOSAS	39
1.2 BIOMECÁNICA DEL CODO	40
1.2.1 CINEMÁTICA	40
1.2.2 ESTABILIDAD	42
1.3 PRUEBAS DE IMAGEN EN LA VALORACIÓN DEL CODO	48
1.3.1 RADIOGRAFÍA SIMPLE (Rx)	48
1.3.2 ECOGRAFÍA	52
1.3.4 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA MULTIDETECTOR (TCMD)	54
1.3.5 RESONANCIA MAGNÉTICA (RM)	56
1.3.6. ARTRO-RM Y ARTRO-TC	57
1.4 INESTABILIDAD DE CODO	59
1.5 ESTADO ACTUAL DE IMPR Y SUS PRINCIPALES ÁREAS DE CONTROVERSIA	65
2. HIPOTESIS Y OBJETIVOS	74
2.1 HIPOTESIS	76
2.1.1 HIPOTESIS CONCEPTUAL	76
2.1.2 HIPOTESIS OPERATIVA	76
2.2 OBJETIVOS	76
2.2.1 PRINCIPAL	76
2.2.1 SECUNDARIOS	76
3. MATERIAL Y MÉTODOS	78
3.1 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES	80
3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO	80
3.3 POBLACIÓN DEL ESTUDIO	80

3.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	80
3.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	81
3.4 RECOGIDA DE DATOS CLÍNICOS Y SOCIODEMOGRÁFICOS	81
3.5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE IMAGEN TCMD	81
3.6 ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE IMAGEN (TCMD)	83
3.6.1 PROTOCOLO DE ANÁLISIS	84
3.7 RECOGIDA DE VARIABLES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	98
3.7.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS	98
3.7.2 ESTUDIO DESCRIPTIVO	98
3.7.3 ANÁLISIS DE CONCORDANCIA INTRA E INTEROBSERVADOR	98
4.RESULTADOS	100
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	102
4.1.1 EDAD	102
4.1.2 SEXO	102
4.1.3 LUXACIÓN	102
4.1.4 LATERALIDAD	102
4.1.5 DOMINANCIA	102
4.1.6 TIPO DE TRATAMIENTO REALIZADO	102
4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FRACTURAS DE CORONOIDES	103
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS	103
4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS OBTENIDAS EN LOS DISTINTOS PLANOS DEL TCMD CODO	110
4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES LESIONES ASOCIADAS A LOS DIFERENTES TIPOS MORFOLOGICOS DE LAS FRACTURAS AISLADAS DE CORONOIDES	113
4.4 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTRA OBSERVADOR	115
4.4.1 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTRA OBSERVADOR PARA LAS VARIABLES CUALITATIVAS	115
4.4.2 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTRA OBSERVADOR PARA VARIABLES CUANTITATIVAS	116
4.5 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR	120
4.5.1 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR PARA LAS VARIABLES CUALITATIVAS	120
4.5.2 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR PARA LAS VARIABLES CUANTITATIVAS	122

5.DISCUSIÓN	126
5.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	128
5.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	131
5.3 DISCUSIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	139
5.4 DISCUSIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DE LAS FRACTURAS	141
5.5 DISCUSIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DE LAS LESIONES ASOCIADAS A LOS DIFERENTES TIPOS MORFOLÓGICOS DE LAS FRACTURAS AISLADAS DE CORONOIDES	147
5.6 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS INTRAOBSERVADOR E INTEROBSERVADOR	152
5.7 LINEAS DE INVESTIGACION FUTURA	156
6.CONCLUSIONES	158
6.1 CONCLUSIÓN SOBRE EL OBJETIVO PRINCIPAL	160
6.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS OBJETIVOS SECUNDARIOS	160
7. BIBLIOGRAFÍA	162

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANATOMÍA DEL CODO

El codo es una articulación compleja fundamental en la funcionalidad del miembro superior, ya que sirve de enlace mecánico entre la mano y el hombro, y puede controlar la longitud del alcance y la posición de la mano en el espacio, así como servir como punto de apoyo para el antebrazo(1).

El arco normal de movilidad es de 0 a 145° grados en la flexo-extensión, 85° en la supinación y 80° en la pronación.

Para poder realizar las actividades de la vida diaria es necesario tener un rango de movimiento en flexo-extensión que vaya de los 30 a los 130°, así como 50° grados para la supinación y pronación (rango total de al menos 100° de prono-supinación)(2). Por tanto, una alteración en cualquiera de estas medidas puede acarrear una pérdida de funcionalidad de la articulación.

Para poder comprender la biomecánica y la función de la articulación del codo, así como las patologías derivadas del daño sobrevenido en alguna de sus partes (o en el conjunto de todas ellas), es necesario conocer con detalle la anatomía de cada una de las estructuras que lo componen, tanto óseas como de partes blandas (cápsulo-ligamentosas y tendinosas).

1.1.1 OSTEOLOGÍA

Los tres elementos óseos que forman parte del codo son:

- Húmero distal
- Radio proximal
- Cúbito distal

- HÚMERO DISTAL

El húmero distal está compuesto lateralmente por la superficie articular del **cóndilo** humeral (capitellum) y a nivel medial por la **tróclea** humeral. Ambas superficies se encuentran separadas por el surco trocleocapitelar. En el plano lateral, esta superficie articular se encuentra angulada anteriormente 30° respecto a la línea media, lo que repercute en un aumento del rango de movilidad.

El **epicóndilo medial o epitróclea** queda localizado medial a la tróclea y sirve de anclaje al ligamento colateral medial y al grupo muscular flexor-pronador.

El **epicóndilo lateral** queda localizado lateral al cóndilo humeral y es menos prominente que el epicóndilo medial. Sirve de anclaje al ligamento colateral cubital lateral y al grupo muscular extensor- supinador.

La **fosa coronoidea** y **fosa radial**, localizadas en la cara anterior, recogen durante la flexión a la apófisis coronoides del cúbito y a la cabeza radial respectivamente.

Posteriormente se localiza la **fosa olecraneana**, que recoge al olecranon cubital durante la extensión (1, 3). Las **columnas supracondileas medial y lateral** (ésta última de mayor tamaño) separan la diáfisis del húmero de las superficies articulares(2).

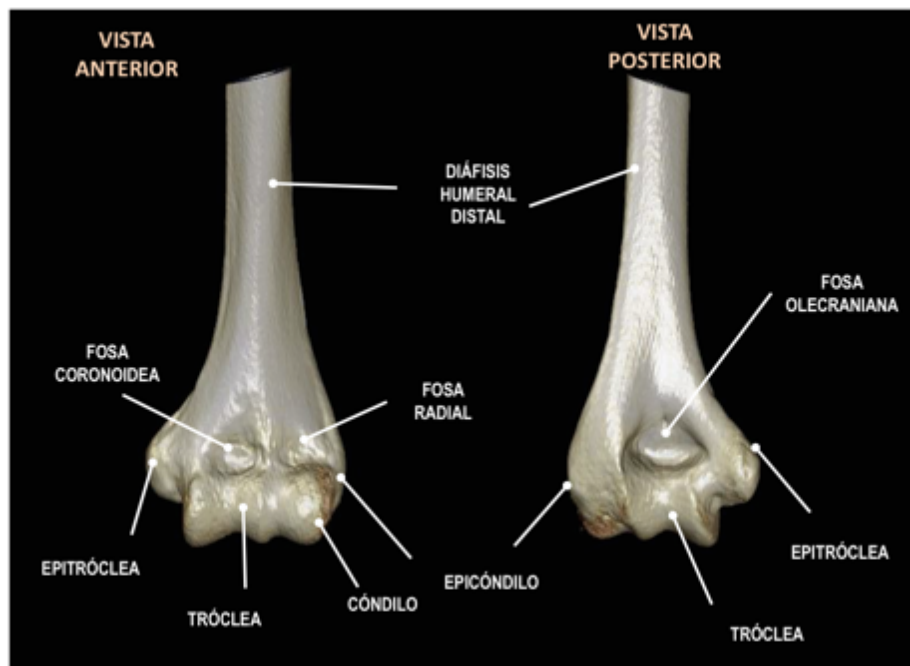


Figura 1. Reconstrucción Volumétrica de TCMD de húmero distal.

- RADIO PROXIMAL

Describiendo su anatomía de proximal a distal nos encontramos en primer lugar con la **cabeza** radial, que tiene una forma cilíndrica con una depresión central que le permite articular con el cóndilo humeral (capitellum). El tercio anterolateral carece cobertura por cartílago hialino, haciéndolo más susceptible a fracturas. En su vertiente medial presenta una circunferencia articular para la escotadura sigmoidea menor del cúbito y el ligamento anular.

Distal a la cabeza radial se encuentra el **cuello** radial, que queda delimitado distalmente por la **tuberosidad** radial, en cuya porción posterior se inserta el tendón distal del bíceps(1 , 2).

La cabeza y cuello radial presentan una angulación de 15° respecto a la diáfisis.

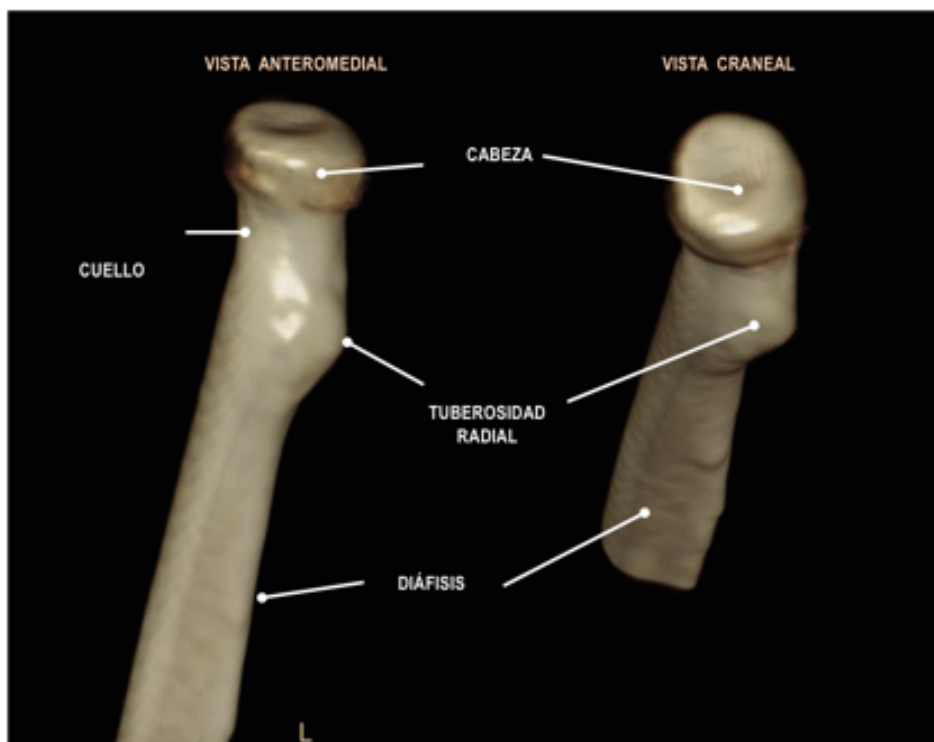


Figura 2. Reconstrucción Volumétrica de TC de radio proximal.

- CÚBITO PROXIMAL

El cúbito proximal presenta en su porción proximal y anterior una cavidad denominada **escotadura sigmoidea mayor** (incisura semilunaris) que articula con la tróclea humeral. La superficie articular se encuentra orientada 30° a posterior respecto al eje largo del hueso para encajar con la angulación anterior del húmero distal y aumentar así el rango de movilidad.

En la mayoría de las veces, la escotadura sigmoidea mayor presenta una porción transversal no cubierta por cartílago la divide en una porción anterior (proceso coronoides) y porción posterior (olecranon). El **proceso coronoides** se divide a su vez en punta (porción más anterior) y en la región anteromedial (inmediatamente posterior a la punta) que presenta una superficie regular en la mayoría de los sujetos y se extiende hacia medial(4). Medial al proceso coronoides identificamos una prominencia ósea denominada **Tubérculo Sublime** (T. Sublime).

El **olecranon** sirve de anclaje al tendón del tríceps , mientras que la porción anterior o proceso coronoides presenta tres inserciones de estructuras de partes blandas (5):

- Cápsula anterior del codo, que se inserta muy cerca de la punta
- Braquial anterior, que se inserta en la cara anterior, distal a la cápsula
- Banda anterior del Ligamento colateral medial (LCMa) que se inserta en el T. Sublime

La **escotadura sigmoidea menor** (fosa radial) del cúbito se encuentra en la cara lateral del proceso coronoides, articula con la cabeza radial y está orientada perpendicularmente al eje largo del hueso. Distalmente a la misma se encuentra la **cresta supinadora** que es el sitio de inserción del Ligamento Colateral Cubital Lateral (LCCL)(3)

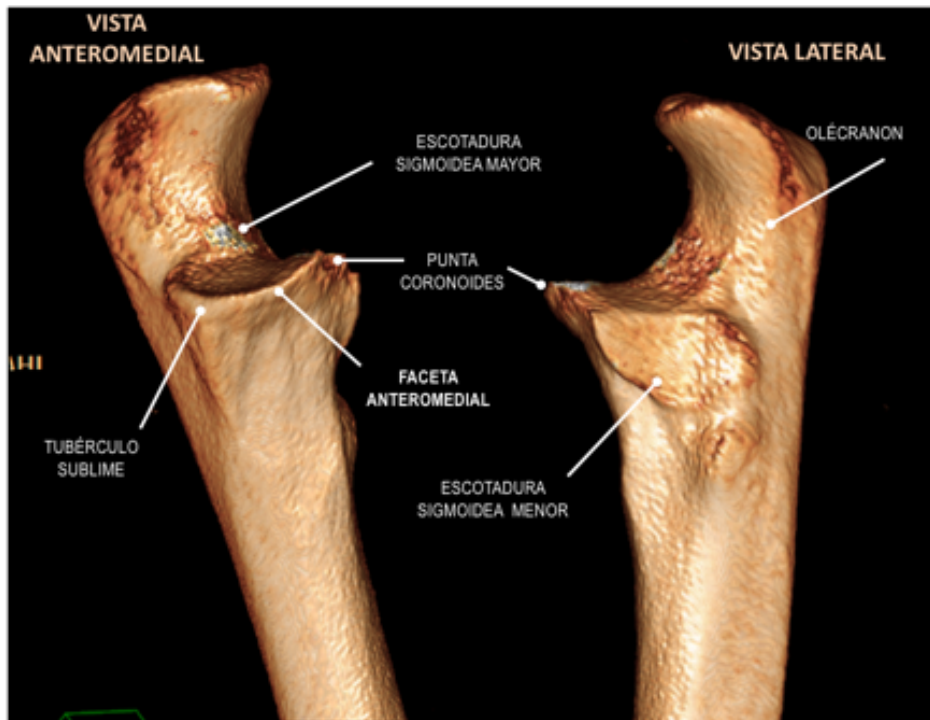


Figura 3. *Reconstrucción Volumétrica de TCMD de cúbito proximal en vista anteromedial y lateral.*

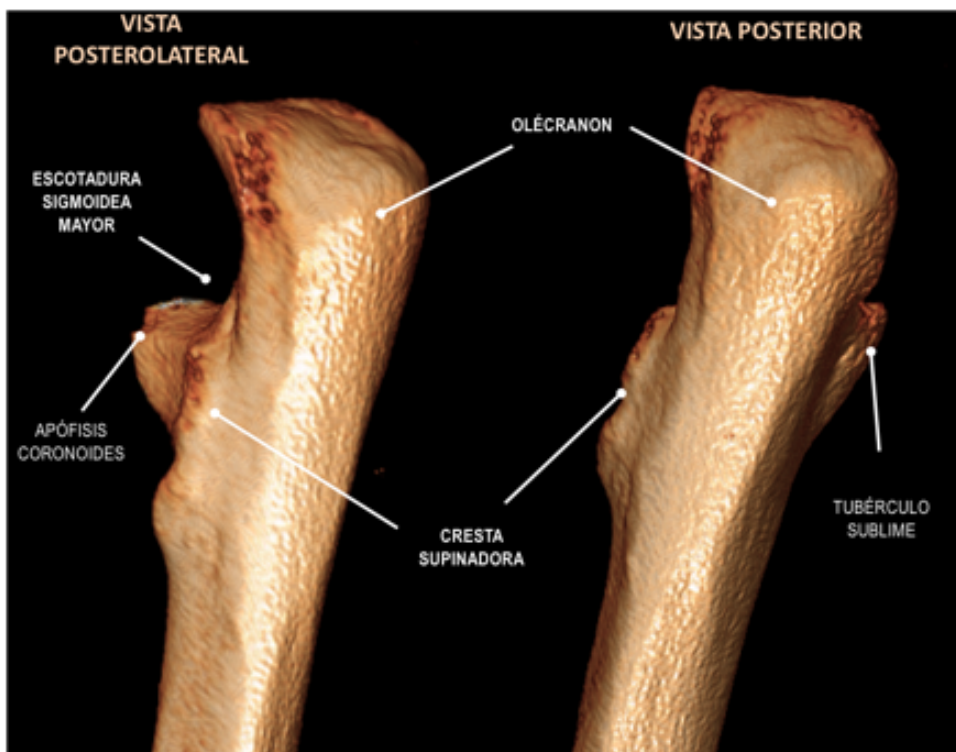


Figura 4. *Reconstrucción Volumétrica de TCMD del cúbito proximal en vista posterolateral y posterior.*

El cúbito proximal presenta una angulación dorsal fisiológica denominada con el acrónimo PUDA (“**Proximal Ulnar Dorsal Angulation**”) que varía entre 5.7° y 8.5° y se encuentra determinada por la intersección de la línea tangente a la cortical posterior plana del olecranon (“**flat spot**”) y la tangente a la cresta dorsal de la diáfisis cubital. Esta angulación determina el grado de extensión del codo , siendo este menor cuanto mayor sea la angulación dorsal. En el tercio proximal del cúbito se identifica una angulación anteromedial denominada “ **Angulación en Varo**” (VA), que varía en un rango amplio entre 4 y 15°, y se encuentra determinada por la angulación formada por el eje longitudinal de la diáfisis cubital y el eje longitudinal del olecranon (6-8). Todas ellas son de gran importancia para la anatomía y biomecánica del cúbito y se deben tener en cuenta en la reducción de las fracturas y en la elección de las placas para el tratamiento de las mismas. Recientemente se ha descrito también un ángulo de torsión proximal del cúbito (“**Proximal Ulnar Torsión Angle**” , “PUTA”) basándose en la desviación hacia lateral que se observa entre el eje del olecranon con la faceta superior de la cresta tróclea y el eje formado por la faceta inferior de la cresta troclear y la punta de la coronoides, identificándose una angulación media de 11° hacia lateral. Está relacionado con la rotación del cúbito proximal (6, 8). (Figura 5)

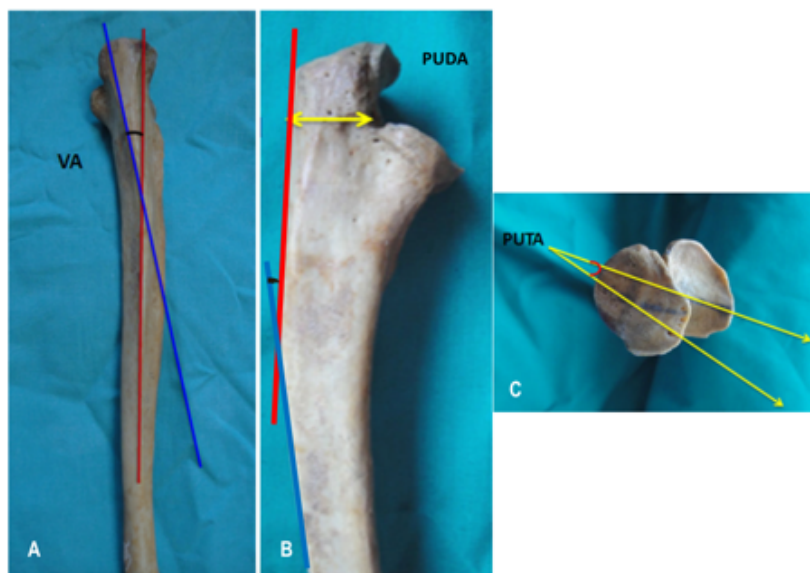


Figura 5. Fotografías de pieza anatómica de cúbito proximal. *A.* Visión posterior con representación de la angulación en varo (VA). *B.* Visión lateral con representación de la línea cortical posterior plana (PUDA). *C.* Visión craneocaudal con representación del ángulo de torsión del cúbito proximal (PUTA)(8).

1.1.2 ARTICULACIÓN

El codo comprende tres articulaciones funcionalmente distintas, que sin embargo presentan una cápsula y sinovial común (Figuras 6 y 7):

- ARTICULACIÓN CUBITO HUMERAL (ACH)

Es una articulación de tipo troclear (gínglimo), que permite la aproximación/separación del antebrazo hacia el brazo (flexoextensión)

- ARTICULACIÓN RADIO HUMERAL (ARH)

Es una articulación de tipo enartrosis (esferoide). Junto con la articulación radiocubital proximal participa en la rotación sobre el eje axial, lo que permite al radio girar alrededor del cúbito y de esa manera realizar el movimiento de pronosupinación de la mano.

- ARTICULACIÓN RADIOCUBITAL PROXIMAL (ARCP)

Es una articulación de tipo trocoide. En su función no puede dissociarse de la articulación radiocubital distal(2, 3).

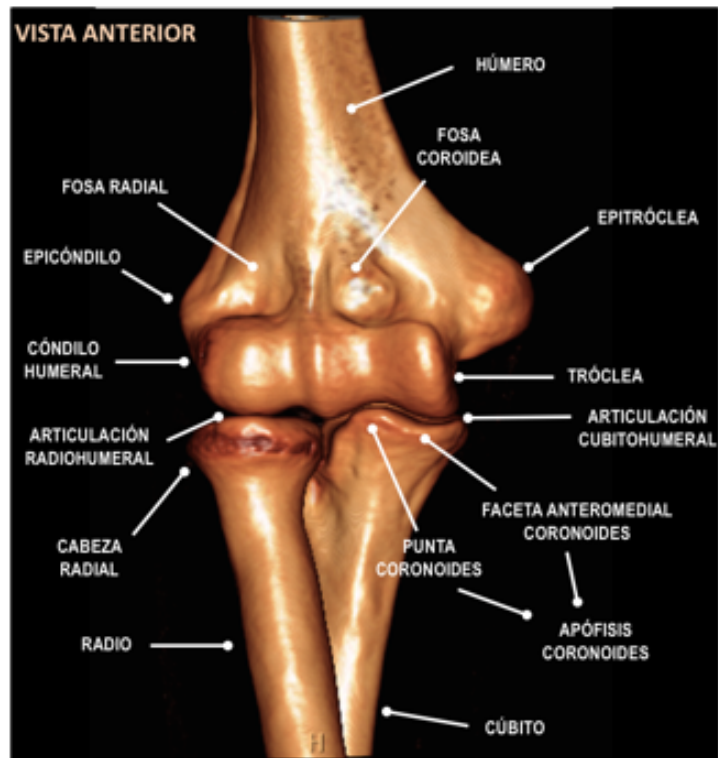


Figura 6. Reconstrucción Volumétrica de TCMD del codo en vista anterior



Figura 7. Reconstrucción Volumétrica de TCMD del codo en vista posterior

1.1.3 CÁPSULA ARTICULAR

La articulación del codo tiene una capacidad de 24-30 ml y está definida por su cápsula y revestimiento sinovial.

La cápsula articular se tensa durante la extensión y se relaja durante la flexión.

En la cara anterior y superior la cápsula se inserta proximal a la fosa coronoidea y fosa radial, mientras que en la cara posterior se inserta proximal a la fosa olecraneana(9).

Entre la cápsula articular y la sinovial asientan paquetes grasos (anterior y posterior)(10) que, como veremos más adelante, son muy importantes para la valoración del derrame articular en la radiografía simple siempre que no exista disrupción capsular.

Lateralmente la cápsula discurre entre el epicóndilo y el cóndilo humeral, y medialmente entre epitróclea y tróclea.

Distalmente la cápsula se inserta en el margen inferior de la coronoideas medialmente y en el margen del ligamento anular lateralmente (alrededor del cuello, a 6 -7 mm bajo la cúpula radial)(3).

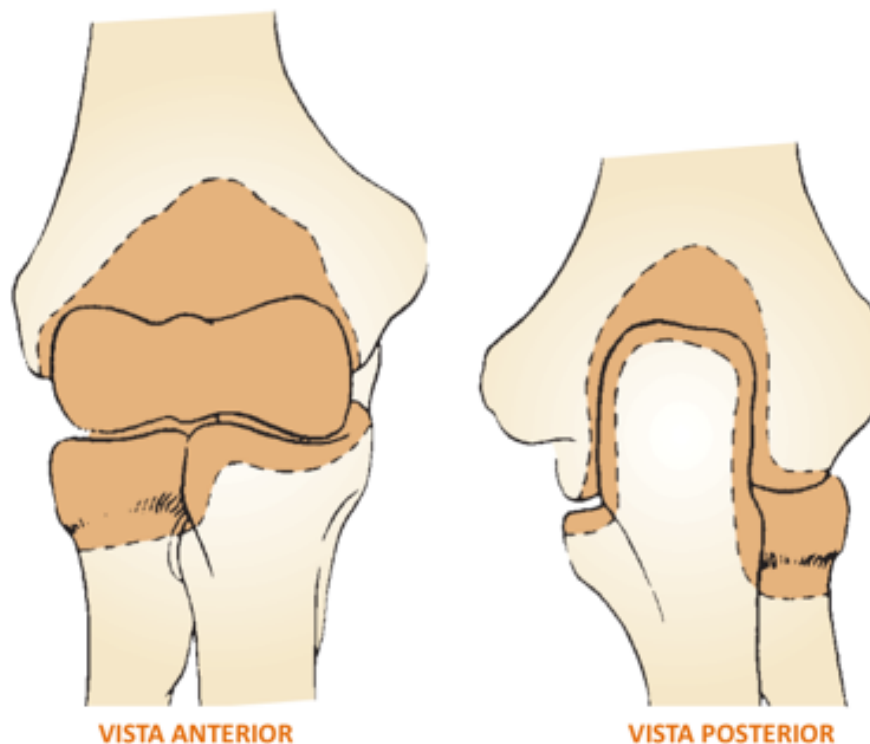


Figura 8. Dibujo esquemático de la disposición de la cápsula articular del codo(3)

1.1.4 LIGAMENTOS

Los complejos ligamentosos que estabilizan la articulación del codo son engrosamientos capsulares en la región medial y lateral.

- COMPLEJO LIGAMENTOSO COLATERAL MEDIAL

Está compuesto por 3 fascículos (Figura 9) :

Ligamento Colateral Medial Anterior (LCMa)

Es el haz principal, y presenta origen en aspecto anterior de la epitróclea e inserción distal en el T. sublime, aunque se ha descrito cierta variabilidad en la inserción distal con presencia de una distancia de entre 3-4 mm entre la inserción del ligamento y el margen articular, presente hasta en un 50% de los pacientes(11). El LCMa se tensa en extensión y como desarrollaremos más adelante en la sección de biomecánica es un estabilizador primario en valgo, aunque en realidad está compuesto por dos porciones anatómicas y funcionales que se tensan de forma recíproca durante la extensión (pars anterior que se tensa en extensión y relaja en flexión y la pars posterior que se tensa en flexión y se relaja en extensión)(2).

Ligamento Colateral Medial Posterior (LCMp)

Se extiende desde el margen posteroinferior de la epitróclea hasta el margen medial del olecranon y se tensa y por tanto se define mejor a 90° de flexión(1).

Ligamento Transverso (ligamento de Cooper)

Se extiende desde el proceso coronoides al olecranon y no participa en la estabilidad del codo(3).

- COMPLEJO LIGAMENTOSO COLATERAL LATERAL (LCL)

El complejo ligamentoso lateral presenta varios fascículos o haces de fibras (Figura10):

Ligamento colateral radial (LCR)

Se extiende desde el aspecto anteroinferior del epicóndilo lateral hasta el ligamento anular.

Ligamento anular

Rodea la cabeza radial y se inserta en el margen anterior y posterior de la fosa radial del cúbito.

Ligamento colateral cubital lateral (LCCL)

Se extiende desde el aspecto anteroinferior del epicóndilo lateral hasta la cresta supinadora del cúbito, identificándose tres variaciones anatómicas en esta inserción distal(12). Como desarrollaremos más adelante es uno de los estabilizadores primarios de la articulación cúbito humeral

Ligamento colateral lateral accesorio (LCLA)

Se fusiona con las fibras del ligamento anular y se inserta en el tubérculo de la cresta supinadora para participar en la estabilización del ligamento anular durante el estrés en varo(1).

Ligamento cuadrado de Denucé

Une el borde distal de la escotadura sigmoidea menor con el cuello del radio. Presenta dos refuerzos, anterior y posterior, que participan en la pronosupinación(2).

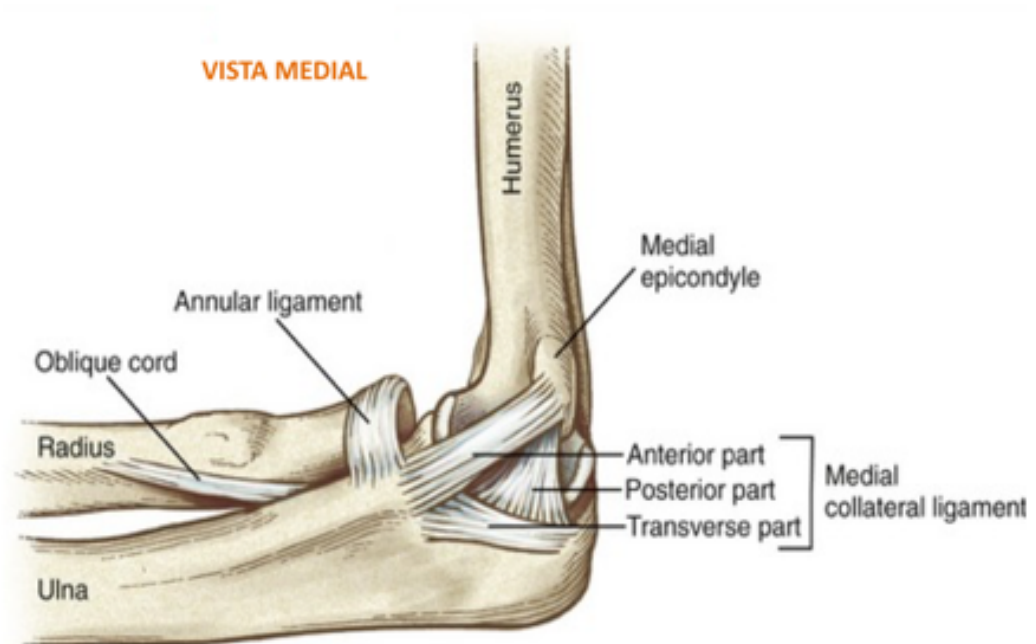


Figura 9. Dibujo esquemático del complejo ligamentoso medial

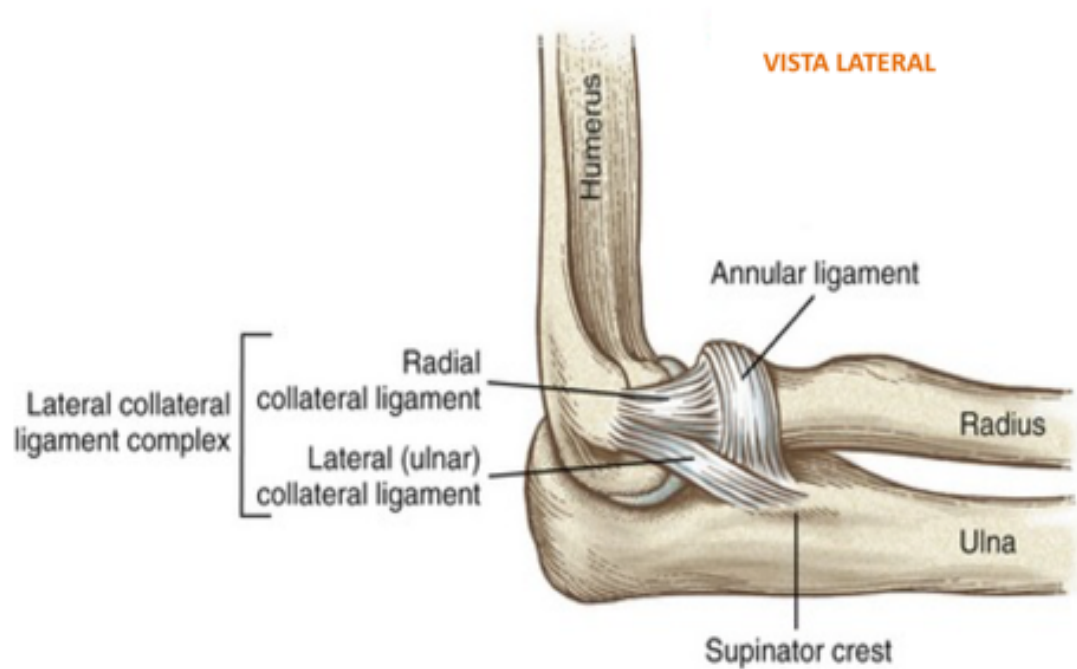


Figura 10. Dibujo esquemático del complejo ligamentoso lateral

1.1.5 MÚSCULOS

Los grupos musculares que cruzan la articulación del codo se pueden dividir en 4 grupos según su localización anatómica(1, 13, 14).

- COMPARTIMENTO ANTERIOR

Está formado por el grupo muscular flexor del codo y recibe inervación del Nervio musculocutáneo.

Lo componen: Bíceps braquial y Braquial

- COMPARTIMENTO POSTERIOR

Está formado por el grupo muscular extensor del codo y recibe inervación del Nervio radial.

Lo componen: Triceps braquial y Ancóneo

- COMPARTIMENTO LATERAL

Está formado por el grupo de extensores y supinador y recibe inervación del Nervio radial.

Lo componen: Exensores de los dedos y supinador, Extensor largo radial del carpo, Extensor corto radial del carpo, Extensor largo de los dedos y Extensor cubital del carpo.

Los extensores del carpo corto y largo y el braquiorradial (función flexora) forman la denominada “masa móvil de Henry”, grupo muscular de localización posterolateral.

- COMPARTIMENTO MEDIAL

Está formado por el grupo de flexores y pronadores y está inervado por nervio Mediano y cubital.

Lo componen: Pronador redondo, Flexor radial del carpo, Palmar largo, Flexor cubital del carpo y Flexor superficial de los dedos.

1.1.6 ESTRUCTURAS NERVIOSAS

Son tres las principales estructuras nerviosas del codo(2, 13, 14):

- NERVIO CUBITAL

El Nervio Cubital se origina de la raíz interna del mediano, sigue un trayecto descendente por la parte interna del tercio superior del brazo y se localiza posterior al codo pasando por detrás del tabique intermuscular interno. Se identifica claramente posterior a la epitróclea humeral a través de un túnel fibro-óseo denominado canal cubital. Las estructuras anatómicas que definen el canal cubital son la epitróclea medialmente, el olecranon lateralmente, la cápsula articular y la faceta posterior del ligamento colateral medial constituyendo la base o suelo y un retináculo o fascia de Osborne que se continúa distalmente con el ligamento arcuato.

Distal al canal, el nervio cubital rodea de atrás hacia adelante la diáfisis proximal del cúbito alcanzando así la cara anterior del antebrazo.

- NERVIO RADIAL

Se localiza entre los músculos braquial y braquiorradial, anterior al epicóndilo lateral. En el codo se divide en una rama profunda motora (Nervio interóseo posterior) y una rama superficial sensitiva.

La rama superficial del nervio discurre entre los músculos braquiorradial y supinador.

La rama profunda o nervio interóseo posterior accede al compartimento posterior a través de la cabeza superficial y profunda del músculo supinador donde en más del 35% de los individuos se identifica una arcada fibrosa (arcada de Frohse) que en caso de ser prominente puede dar lugar a patología nerviosa por atrapamiento.

- NERVIO MEDIANO

Se localiza superficialmente, por debajo de la aponeurosis bicipital o lacertus fibrosus y anterior al músculo braquiorradial. Discurre en el plano fascial entre el músculo pronador redondo y el braquiorradial y es característica la escasa cantidad de grasa que lo rodea haciendo difícil su identificación.

1.2 BIOMECÁNICA DEL CODO

La movilidad (cinemática) y estabilidad del codo son necesarias para el correcto funcionamiento de la extremidad superior.

1.2.1 CINEMÁTICA

Como ya hemos mencionado anteriormente, el codo presenta tres articulaciones funcionales distintas con una cápsula articular y una sinovial común:

- Articulación radiohumeral: enartrosis
- Articulación cubitohumeral: troclear
- Articulación radiocubital proximal : trocoide

Sin embargo, tanto por razones fisiológicas como anatómicas la articulación radiohumeral y cubitohumeral se reúnen en una sola descripción, de ese modo tenemos dos articulaciones funcionalmente diferentes(2).

- Troclear: permite flexoextensión antebrazo
- Trocoide: permite pronosupinación antebrazo

Estas dos articulaciones van a permitir al codo presentar dos rangos de libertad de movimientos

- FLEXO-EXTENSIÓN

Desde 0° (o leve hiperextensión) hasta 150° de flexión. Hay 3-4° de valgo-varo con la flexión debido a que esta sigue un eje de rotación de tipo helicoidal(3).

La **extensión** se encuentra limitada por el impacto del olecranon en la fosa olecraneana y por la tensión de la musculatura flexora y la cápsula.

La **flexión** se encuentra limitada por el choque de la musculatura anterior, la impactación de cabeza radial y coronoides en fosa radial y coronoidea respectivamente y por la tensión del tríceps.

El eje del brazo en extensión, con el eje del antebrazo en supinación completa, presenta una angulación en valgo de 10-15° en hombres y de 5° más en mujeres (“carrying angle”).

- PRONO-SUPINACIÓN

Se extiende desde 75° de pronación hasta 85° de supinación. El eje de rotación de la pronosupinación pasa por el centro de la cabeza radial y se extiende a través del borde radial del cúbito distal. Se encuentra limitada por la musculatura antagonista y por el ligamento cuadrado(3).

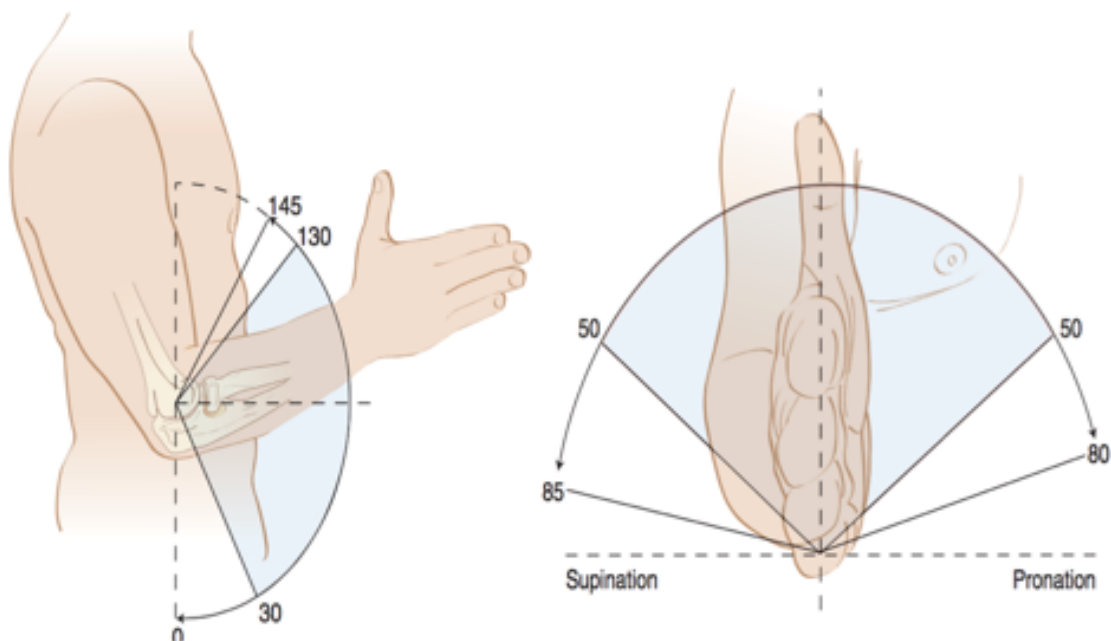


Figura 11. Dibujo esquemático del rango de movimiento articular en flexoextensión y pronosupinación

1.2.2 ESTABILIDAD

La articulación del codo es una de las más congruentes y estables del sistema musculoesquelético, sin embargo tras el hombro es la segunda articulación en frecuencia de luxaciones. En su estabilidad participan tanto las superficies articulares como tejidos de partes blandas(2).

Podemos distinguir la **estabilidad pasiva** (que resulta de la congruencia articular y de la limitación de movimientos de los tejidos de partes blandas) de la **estabilidad activa** (que deriva de las fuerzas compresivas que generan los músculos en movimiento sobre la articulación)(1).

- ESTABILIZADORES ACTIVOS

Cualquier músculo que cruza la articulación del codo genera una fuerza reactiva que ayuda en la estabilidad, comprimiendo la articulación.

Así pues el grupo flexor pronador funciona como un estabilizador secundario frente al estrés en valgo al asistir al LCCL. Por el contrario, los extensores ayudan en la estabilización frente al estrés en varo(13).

- ESTABILIZADORES PASIVOS

Podemos dividirlos en elementos de partes blandas y en los elementos óseos que conforman las superficies articulares

1. ELEMENTOS DE PARTES BLANDAS

Compuesto por los complejos de ligamentos colaterales y por la cápsula articular.

- LIGAMENTO COLATERAL MEDIAL :
 - LCMA es el mayor estabilizador del estrés en valgo, actuando en el rango de movilidad funcional del codo (en tensión de 0 a 85°)
 - LCMp es más importante para grados elevados de flexión (en tensión de 55 a 140°). La porción central del ligamento se encuentra en tensión a lo largo de todo el rango de movilidad(13). Aunque también participa como estabilizador, su papel es menor que el de la banda anterior(15, 16).

- **LIGAMENTO COLATERAL CUBITAL LATERAL (LCCL):** es un estabilizador del estrés en varo y participa en el mantenimiento de la estabilidad posterolateral. Su origen en el cóndilo lateral pasa por el eje de rotación del codo por lo que se encuentra en tensión en la totalidad del rango de movimiento articular(1 , 3).
- **LIGAMENTO ANULAR (LA):** es un estabilizador primario de ARCP. Su porción anterior se tensa durante la supinación y la posterior durante la pronación(13).
- **LIGAMENTO COLATERAL LATERAL ACCESORIO (LCLA):** si se encuentra presente, actúa como estabilizador de ligamento anular durante el estrés en varo(13).

2. ELEMENTOS ÓSEOS

Las estructuras óseas que participan en la estabilidad del codo son:

- **CABEZA RADIAL**
Actúa como estabilizador secundario del estrés en valgo, adquiriendo un papel fundamental si hay lesión del LCMA. De manera indirecta también participa en la estabilización del estrés en varo. Con el codo entre 0 y 30° de flexión se identifica la mayor transmisión de fuerzas sobre la cabeza radial, viéndose también aumentada durante la pronación(17).
- **ARTICULACIÓN CUBITO HUMERAL (ACH)**
El olecranon participa en la estabilidad varo-valgo durante la extensión completa. El proceso coronoides es esencial en la estabilidad en varo cuando el ligamento colateral lateral está intacto(13, 17).

3. INTERRELACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS ESTABILIZADORES PASIVOS DE PARTES BLANDAS Y ÓSEOS

La contribución de los elementos articulares y ligamentosos en la estabilidad del codo se ha valorado ampliamente en diversos estudios que eliminan de manera secuencial cada componente anatómico para valorar después la inestabilidad resultante(3).

En cuanto a los estudios dirigidos a la valoración de la **estabilidad en valgo** del codo debemos destacar el estudio que Morrey publicó en 1983(18). En ese estudio mostró la influencia del ángulo de flexión del codo en la estabilidad en valgo. Sus resultados fueron que en extensión completa el 31% de la fuerza en valgo era resistido por LCM, el 38% por la cápsula y el 31% por las estructuras óseas. Sin embargo, a 90° de flexión la resistencia de LCM al valgo aumentaba al 54% mientras que la cápsula articular solo resistía el 10% y las estructuras óseas el 36%. Por eso LCMA se considera un estabilizador primario del valgo, sobre todo con el codo en flexión.

Posteriormente (1986) el mismo autor, cuantificó la estabilidad del codo en valgo alterando dos variables, el LCM y la cabeza radial(17). En este estudio concluye que LCMA es el principal estabilizador en valgo siendo la cabeza radial un importante estabilizador secundario. Por tanto se puede asumir que la ausencia de cabeza radial no causa inestabilidad en valgo si LCM y ACH están intactos.

En cuanto a la **estabilidad en varo**, Morrey detectó que casi la mitad de la estabilidad era conferida por los tejidos blandos (14% LCR y 32% por la cápsula) mientras que el 54% a la resistencia en varo lo aportaban las estructuras óseas(18). A 90° de flexión el 75% de la resistencia al estrés en varo lo asumían las estructuras óseas mientras que sólo el 22% los tejidos blandos (9% LCR y 13% la cápsula). Por tanto se considera que son las estructuras óseas (concretamente el proceso coronoides)(19) las principales proveedoras de la estabilidad en varo tanto en flexión como en extensión(2, 3).

Morrey valoró también la tracción en función de la posición y concluyó que en extensión el principal limitante es la cápsula mientras que en flexión la cápsula a penas ejerce papel y es el ligamento colateral medial (con una aportación del 78%) el principal limitante(18).

La estabilidad del codo se mantiene por tanto gracias a la interacción de los componentes osteoarticulares y de partes blandas. O'Driscoll ilustró los estabilizadores

como si se tratara de una fortaleza, con un primer anillo de defensa compuesto por los estabilizadores primarios y un segundo anillo de defensa con los estabilizadores secundarios. La musculatura regional -fundamentalmente el ancóneo, tríceps y braquial anterior- actuaría como estabilizador dinámico(20).(Figura 12)

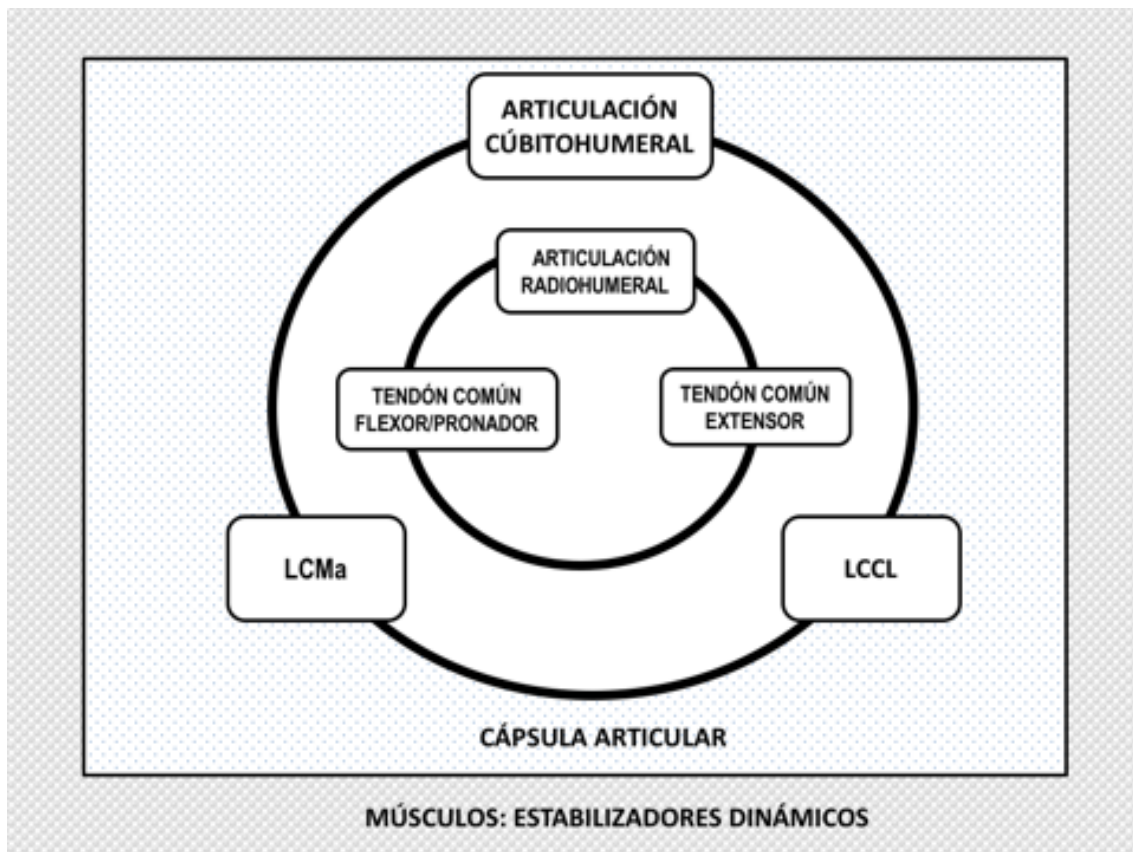


Figura 12. Esquema de la interrelación de las estructuras anatómicas estabilizadoras del codo modificado de (20). En el anillo externo se pueden observar los estabilizadores primarios y en el anillo interno los secundarios.

En resumen, podemos clasificar los estabilizadores del codo en primarios y secundarios en función del papel que presentan:

Los **estabilizadores primarios** :

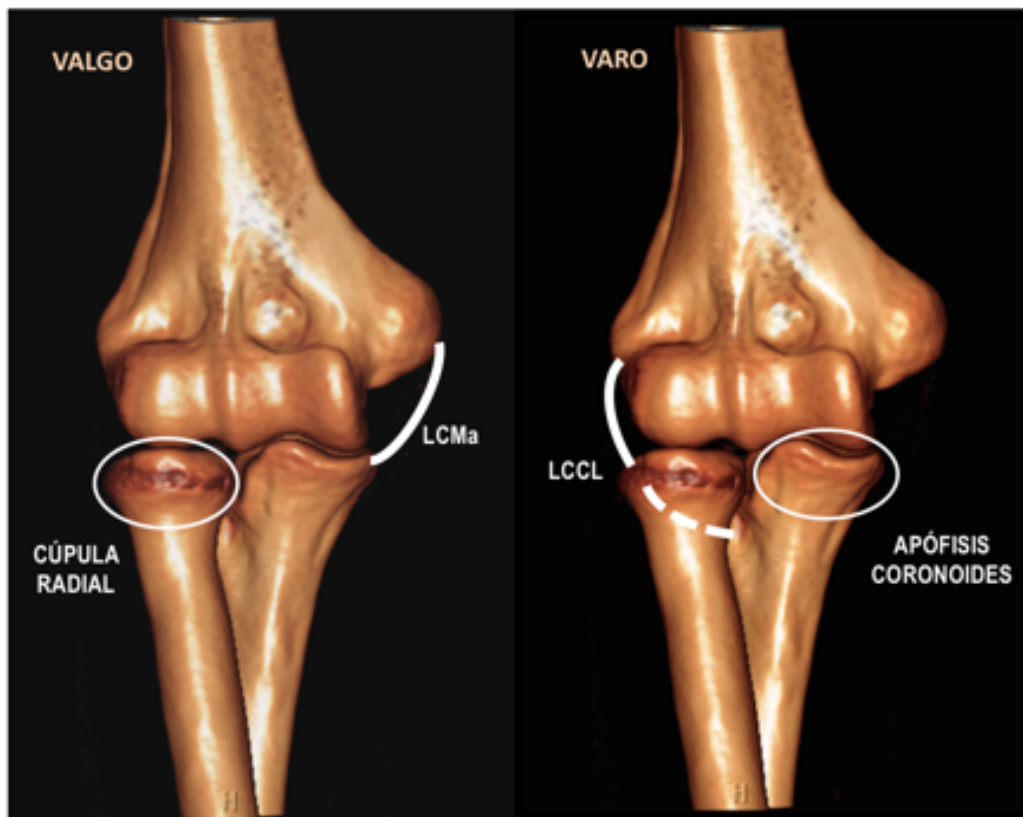
- ACH (proceso coronoides principal estabilizador del varo en flexión y extensión)(19).
- LCCL (limitante del varo y del desplazamiento posterolateral de la articulación)
- LCMA (contribuye un 70% a la estabilidad del valgo sobre todo en flexión)

Los **estabilizadores secundarios**:

- Cabeza radial (estabiliza frente al valgo un 30%. Papel fundamental cuando LCMA no está íntegro).
- Cápsula articular
- Tendón conjunto de musculatura Flexo-pronadora y Extensora-Supinadora

De la misma manera podemos agrupar los diferentes estabilizadores en función de su participación en las diferentes direcciones de movimiento(2):

1. Estabilidad anteroposterior: Superficies articulares de ACH
2. Estabilidad frontal valgo: LCM y Cabeza radial.
3. Estabilidad frontal varo: Olécranon, coronoides y LCCL.
4. Inestabilidad posterolateral: Fascículo posterior del LCCL.



***Figura 13.** Reconstrucción Volumétrica de TCMD de codo en visión anterior con representación de los principales estabilizadores del valgo y varo de la articulación*

1.3 PRUEBAS DE IMAGEN EN LA VALORACIÓN DEL CODO

En los últimos años hemos asistido a un gran avance en el desarrollo de las pruebas de imagen que han repercutido en una mejor valoración del sistema musculoesquelético. A continuación realizamos una descripción de la principales pruebas de imagen con utilidad clínica para la valoración en la patología traumática del codo.

1.3.1 RADIOGRAFÍA SIMPLE (Rx)

Los Rayos X son parte del espectro de la radiación electromagnética y su energía está ubicada entre los rayos ultravioletas y los rayos gamma. Se producen mediante electrones acelerados por un campo electrostático que se hacen chocar con un blanco o foco metálico originando así fotones de elevada energía. Estos fotones al incidir en la materia se absorben, se dispersan o la atraviesan viéndose atenuados en mayor o menor medida en función de la densidad y número atómico de los tejidos. Una vez atravesada la materia inciden en un sistema detector de rayos X formándose así una imagen radiográfica que permite distinguir las estructuras anatómicas de diferente densidad o número atómico(21).

La Radiografía Simple (Rx), a pesar del avance en las técnicas de imagen, sigue siendo esencial para la evaluación inicial del codo en diferentes patologías como traumática (fracturas y luxaciones, patrones de inestabilidad), tumores, artritis o la patología degenerativa(22).

Es necesario obtener al menos dos proyecciones para la correcta valoración del codo, siendo las habituales la proyección anteroposterior (AP) y la lateral (L). En la valoración de la patología traumática puede ser necesario realizar proyecciones adicionales como la oblicua.

Sin embargo no siempre se consigue una correcta posición del codo en la obtención de las radiografías debido al dolor o la deformidad que aparecen con frecuencia en la patología traumática.

Es necesario además conocer la cronología del desarrollo de los centros de osificación del codo en pacientes pediátricos ya que pueden llevar a confusión en la evaluación de las fracturas. En estos casos es de gran utilidad realizar RX del codo contralateral para poder hacer un estudio comparativo(2).

- PROYECCIÓN ANTEROPOSTERIOR

Se obtiene con el paciente sentado y colocando el brazo en extensión y la mano en supinación. El haz de radiación se dirige perpendicularmente (90°) hacia el centro de la articulación. En esta proyección se puede identificar y se deben valorar :

- ARH
- ACH
- Epicóndilo y epitróclea
- Angulación normal en valgo del codo (5-7°)

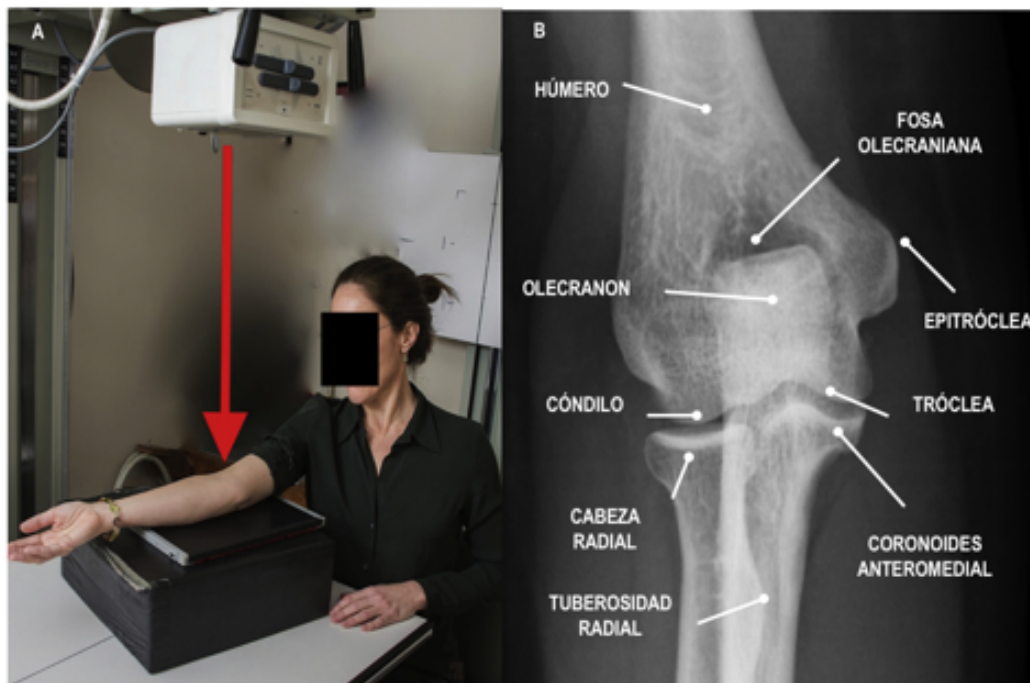


Figura 14. *A. Fotografía de la realización de la proyección anteroposterior de la radiografía simple de codo(22). B. Radiografía AP de codo*

- PROYECCIÓN LATERAL

Se obtiene con el paciente sentado y colocando el brazo en flexión de 90°, el pulgar hacia arriba y el hombro a la misma altura que el codo. El haz de radiación se dirige perpendicular al húmero. En esta proyección se pueden identificar y se deben valorar:

- Proceso coronoides del cúbito y olecranon
- Paquetes grasos (Figura 16) : cuando existe derrame articular se produce un desplazamiento de los paquetes grasos articulares. El desplazamiento anterosuperior del paquete graso anterior se considera patológico. El paquete graso posterior no se visualiza habitualmente en ninguna proyección, por tanto su identificación en la radiografía lateral indica la presencia de derrame articular (“Fat Pad Sign”)(23).
- Línea radiocondilea: línea trazada a lo largo del centro de la diáfisis del radio proximal que debe pasar a través del cóndilo humeral. Permite valorar la estabilidad de la cabeza radial
- Línea humeral anterior: línea longitudinal que sigue la cortical anterior del húmero y debe atravesar 1/3 del cóndilo humeral. Es de gran utilidad en fracturas supracondileas(2, 3).

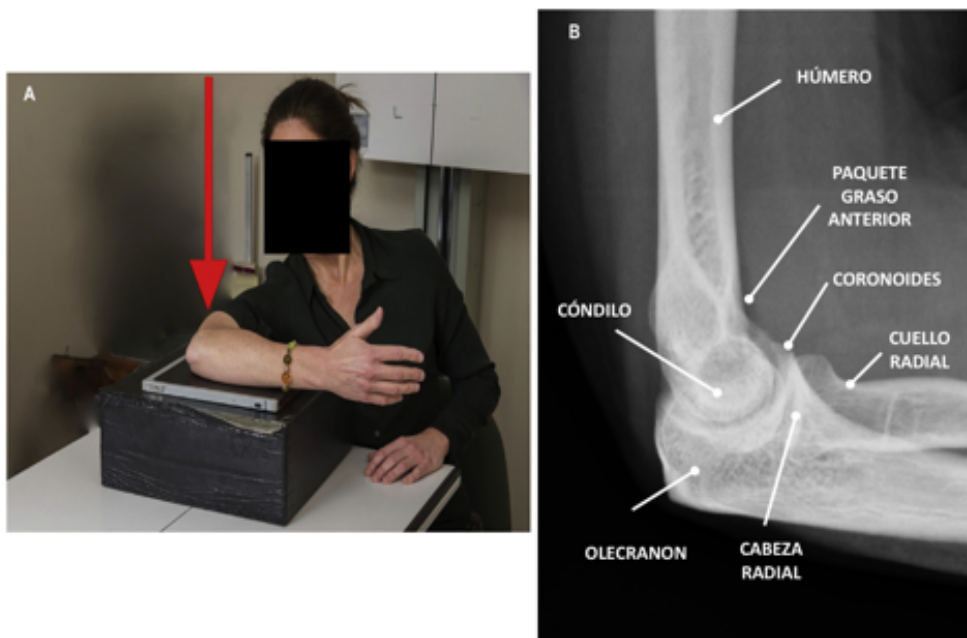


Figura 15. *A. Fotografía de la realización de la proyección lateral de la radiografía simple de codo(22). B. Radiografía Lateral de codo*

En cuanto a las fracturas de coronoides, debemos conocer dos signos radiológicos que nos ayuden en el diagnóstico y manejo de la mismas:

- “Double crescent sign”(24): doble línea en la cortical de la coronoides visualizada en la RX lateral que indica la presencia de fractura del componente posteromedial.
- “Drop sign”(25): aumento de la distancia cubitohumeral en la Rx lateral tras reducción de la luxación articular que indica inestabilidad articular residual.

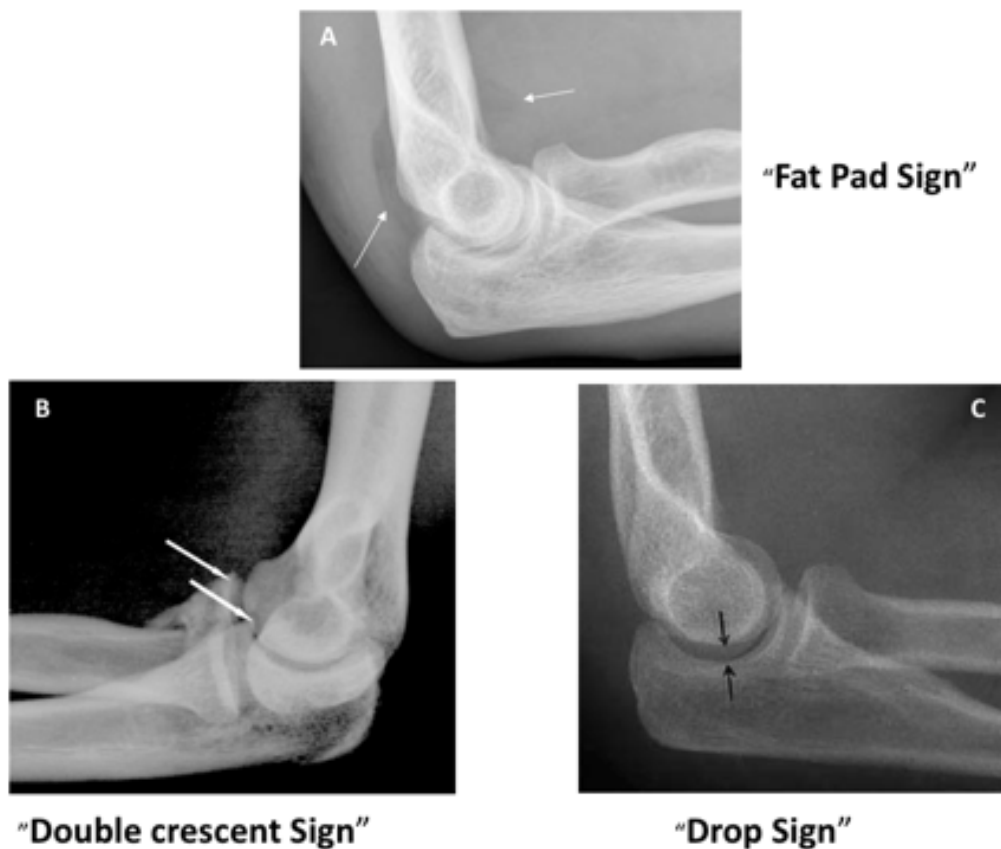


Figura 16. A.Radiografía lateral del codo donde se identifica el paquete graso posterior y desplazamiento del paquete graso anterior en relación a derrame articular (“Fat Pad Sign”). B.Radiografía en proyección lateral de codo con fractura anteromedial de coronoides donde se observa doble línea de la cortical marcada con flechas (“Double Crescent Sign”). C.Radiografía Lateral de codo con aumento de la distancia cubitohumeral consecuencia de la inestabilidad articular (“Drop Sign”)(25).

1.3.2 ECOGRAFÍA

La Ecografía permite obtener imágenes anatómicas por la reflexión de los ultrasonidos en las distintas estructuras, cuyos ecos reflejados son captados en la superficie del cuerpo tras emitir un pulso de ultrasonidos y recibir su eco (a través del transductor o sonda que se coloca en la superficie del paciente). El comportamiento de los ultrasonidos en el cuerpo depende de una propiedad de los tejidos, la impedancia acústica, que consiste en la mayor o menor resistencia que ofrecen estos a ser atravesados por el sonido. Los ultrasonidos no son capaces de atravesar las estructuras óseas por lo que su mayor utilidad reside en el estudio de las partes blandas(21).

Recientemente, la ecografía ha adquirido un papel importante en la valoración de los tejidos de partes blandas en la articulación del codo, siendo necesarias sondas lineales de alta resolución que permiten el estudio adecuado de las estructuras anatómicas más superficiales (7-12 MHz)(26).

Las principales ventajas de esta técnica son la accesibilidad, la resolución espacial, la buena relación coste-efectividad y la posibilidad de valorar la estructuras correlacionándolas de forma directa con dolor. Además permite estudiar dinámicamente la articulación y ofrece la posibilidad de comparar con el miembro contralateral así como realizar intervencionismo ecoguiado(27).

La limitación fundamental es la operador-dependencia.

Las indicaciones más habituales de ecografía son las siguientes(26-28):

- Epicondilitis medial o lateral
- Patología musculotendinosa del tríceps y bíceps
- Valoración de derrame articular y presencia de cuerpos libres
- Patología traumática (rotura parcial/total de tendones o ligamentos, fundamentalmente LCR, LCCL, LCM)
- Patología inflamatoria (Artritis, bursitis)
- Neuropatías (atrapamiento del nervio radial o cubital e inestabilidad)(29).

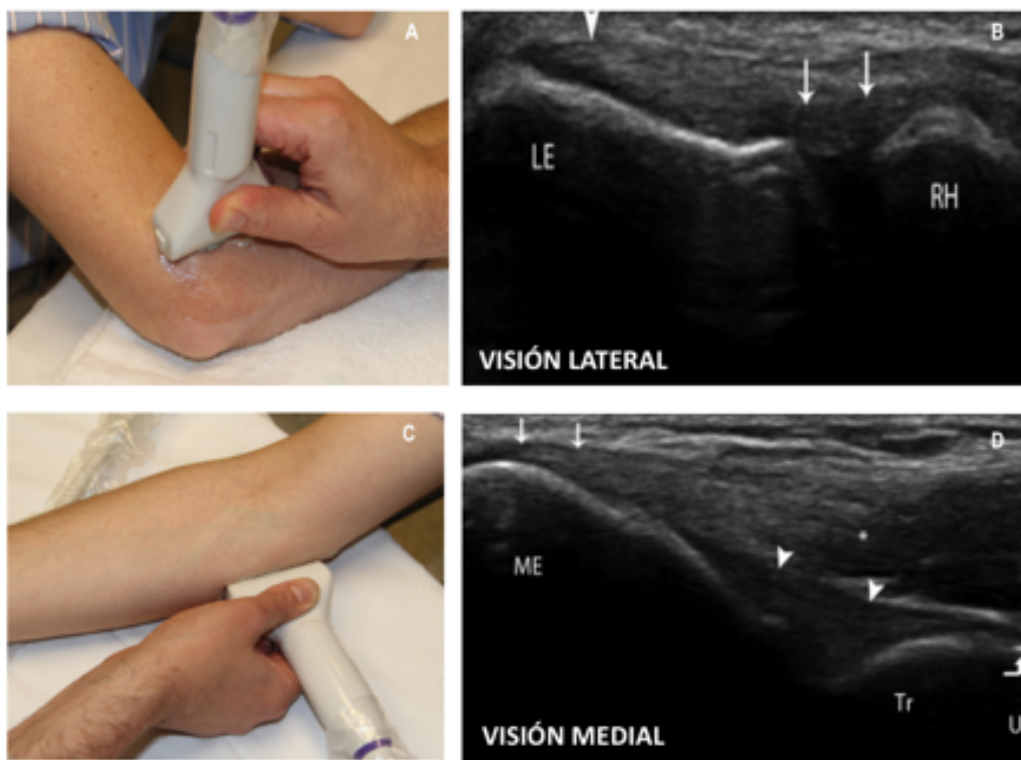


Figura 17. *A. Fotografía del abordaje lateral del codo en ecografía. B. Ecografía de codo con sección longitudinal de la cara lateral donde se identifica LCR (flechas), Tendón extensor común de los dedos y extensor radial (cabeza de flecha), el epicóndilo lateral (LE) y la cabeza radial (RH). C. Fotografía del abordaje medial del codo en ecografía. D. Ecografía de codo con sección longitudinal de la cara medial donde se identifica LCMA (cabezas de flecha), Tendón flexor común de los dedos (flechas), el epicóndilo lateral (ME) y el cúbito (U)(27).*

En el caso concreto de las fracturas de coronoides, el dolor del traumatismo agudo y la operador dependencia son dos grandes limitaciones para el uso sistemático de la ecografía en estas lesiones. Solventando estas limitaciones, la ecografía podría ser útil para completar el diagnóstico de las lesiones ligamentosas que se pudieran asociar a la fractura, especialmente teniendo en cuenta que dichas fracturas se han asociado a patrones de inestabilidad articular complejos que incluyen lesiones ligamentosas(24).

1.3.4 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA MULTIDECTOR (TCMD)

La técnica del TCMD se basa en un conjunto compuesto por un tubo emisor de rayos X y una serie de detectores enfrentados al tubo y que rotan alrededor del paciente durante el desplazamiento lineal de la mesa donde está tumbado el paciente a través del túnel de la carcasa (“gantry”). El haz de rayos tiene forma de abanico en el plano axial y la detección de la intensidad del haz que atraviesa al paciente se efectúa mediante varias hileras que contienen cientos de elementos detectores (a diferencia del TC helicoidal que sólo presentaba una hilera de detectores). El valor del pixel en las imágenes reconstruidas es proporcional al coeficiente de atenuación lineal del tejido en la sección transversal correspondiente del cuerpo, debida a los procesos de absorción y dispersión de los fotones en el tejido. El TCMD permite realizar la prueba de imagen con espesores de corte submilimétricos. En nuestro centro hospitalario disponemos de un TCMD de última generación que presenta fuente dual de rayos X. La energía dual consiste en el uso de dos tubos de rayos X, con sus respectivos arcos detectores, separados 90°. Esto supone una clara mejora de la resolución temporal lo cual permite realizar los estudios en menos tiempo(21, 30).

En articulaciones complejas como el codo, la radiografía infraestima la presencia de fractura, así como su extensión y severidad(31).

Debido a la baja sensibilidad de la radiografía, el TCMD se recomienda de forma generalizada como exploración complementaria para la correcta valoración de la patología traumática del codo, sobre todo en las fracturas complejas y en aquellos casos en los que la radiografía convencional no aporta información diagnóstica suficiente. Es por tanto una herramienta fundamental en la detección, evaluación de la extensión y caracterización de las lesiones(32).

Además el TCMD permite realizar:

- Reconstrucciones MPR en dos dimensiones (2D) obteniendo los planos axial, sagital y coronal
- Reconstrucciones volumétricas, en 3 dimensiones (3D)

Ambos tipos de reconstrucciones serán de gran ayuda para la correcta clasificación de la fractura y la planificación quirúrgica(30, 33).

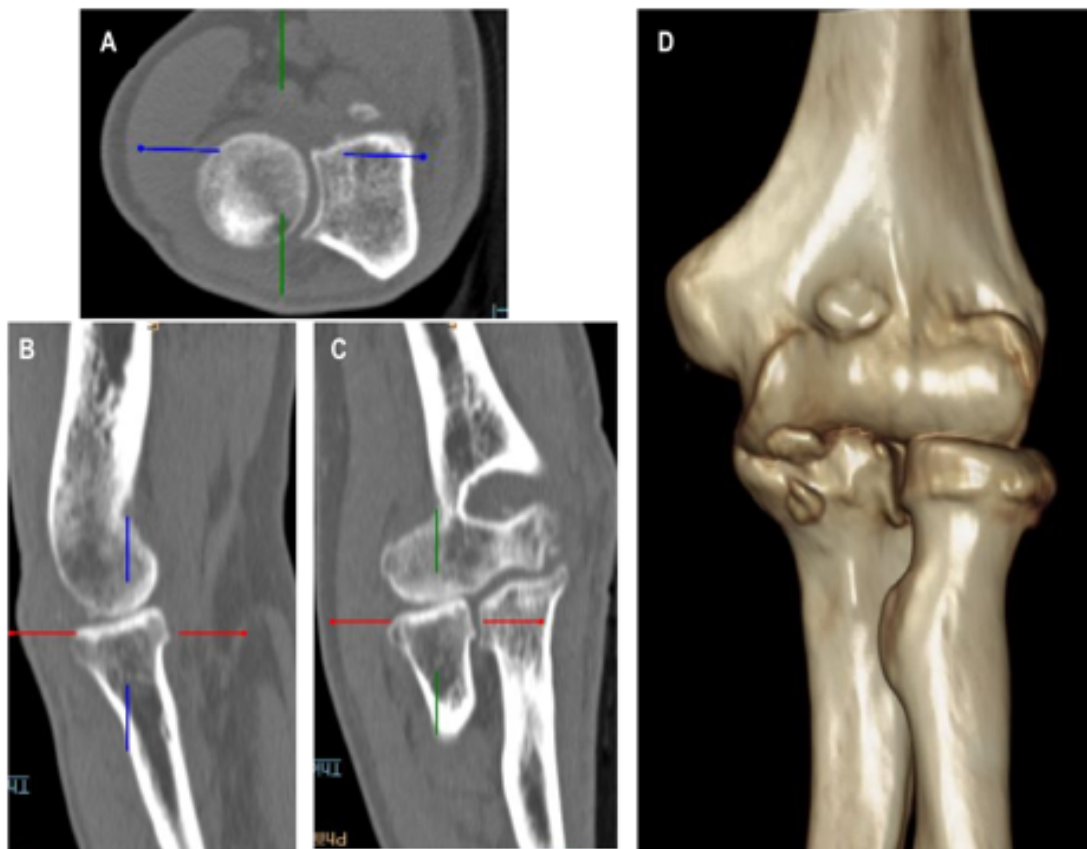


Figura 18. TCMD de codo. **A.B.C** Reconstrucciones MPR en Axial, Sagital y Coronal respectivamente. **D.**Reconstrucción Volumétrica (3D)

1.3.5 RESONANCIA MAGNÉTICA (RM)

La RM es un método tomográfico para la obtención de imágenes que no utiliza las radiaciones ionizantes. Se basa en la interacción de los protones del Hidrogeno sometidos a radiofrecuencia en el seno de un campo magnético externo muy potente. Las antenas de radiofrecuencia, se encargan de emitir esos pulsos de radiofrecuencia para crear campos magnéticos sobre ciertas regiones de interés en un paciente, con objeto de recibir una señal a partir de la cual reconstruir la imagen(21).

Siempre que sea posible, el estudio del codo se realizará con el paciente en decúbito prono con el brazo extendido por encima de la cabeza y se utilizará una antena de superficie(34).

Los tres planos se obtienen tomando como referencia el eje interepicondileo del húmero distal(35).

Es la técnica con mayor espectro de indicaciones en la patología del codo debido a su excelente resolución de contraste y resolución espacial(36-39).

Es de gran utilidad en el estudio de tendones, ligamentos, nervios y músculos de la articulación así como lesiones osteocondrales. También cuando hay sospecha de infección, tumor, edema óseo o fractura oculta.

Sus principales indicaciones son(40):

- Epicondilitis
- Lesiones del tendón bíceps o triceps
- Secuelas de síndrome de sobrecarga por estrés en valgo
 - Lesiones del LCM y tendón flexor común
 - Daño osteocondral en región posteromedial de la tróclea y fosa olecraniana.
 - Neuropatía cubital
- Lesiones del ligamento colateral lateral (LCCL, LCR)
- Alteraciones óseas y cartilaginosas postraumáticas
- Detección de cuerpos osteocondrales intraarticulares
- Artropatías
- Neuropatías
- Bursitis
- Tumoraciones de partes blandas

Las principales limitaciones de esta técnica de imagen(35) tienen que ver con la incompatibilidad para someter al paciente a campos electromagnéticos (portador de marcapasos o implantes metálicos), la claustrofobia, y en el caso concreto de la patología que nos ocupa (fracturas de coronoides) el dolor agudo que no permita completar el estudio.

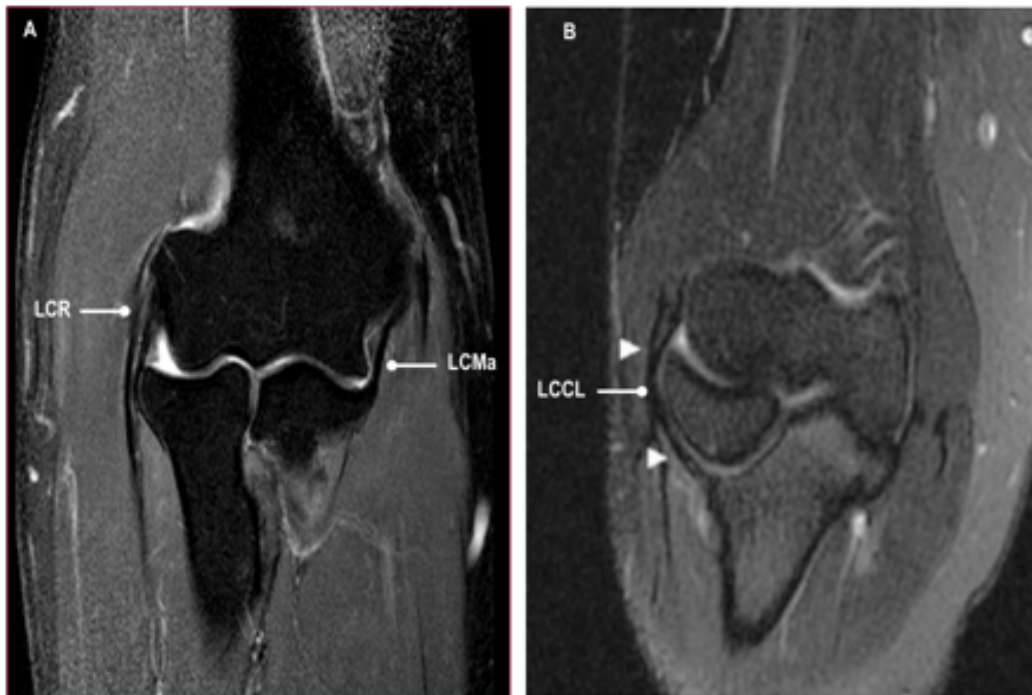


Figura 19. RM de codo potenciada en T2 con supresión grasa que permite la identificación de las principales estructuras ligamentosas estabilizadoras del codo. **A.** Plano coronal en el que se identifica LCR y LCMA. **B.** Plano coronal en el que se identifica el LCCL y su inserción distal en la cresta supinadora del cúbito(40).

1.3.6. ARTRO-RM Y ARTRO-TC

El uso combinado de la artrografía con el TC y la RM permite una óptima valoración de las estructuras intraarticulares que puede ayudar a la detección de la patología del codo. Para ello se introduce contraste intraarticular diluido (Iodado en el caso del TC o Gadolinio en el caso de la RM), normalmente por vía articular

posterior, que permite la distensión articular y a continuación se realiza el estudio de imagen tomográfica (TC o RM)(41-45).

La capacidad normal del codo es aproximadamente 12 ml, aunque puede verse ampliada en casos de inestabilidad crónica.

Sus indicaciones en el codo son(42):

- Detección de cuerpos libres (Artro-TC)
- Lesiones capsulares y ligamentosas (Artro-RM)
- Lesiones condrales (Artro-RM /TC)

La principal complicación de esta prueba es la infección describiéndose una frecuencia de 1/25.000 casos(3).

En el estudio de fracturas de coronoides esta prueba permite la identificación en diferido de las estructuras ligamentosas dañadas durante el mecanismo lesional.

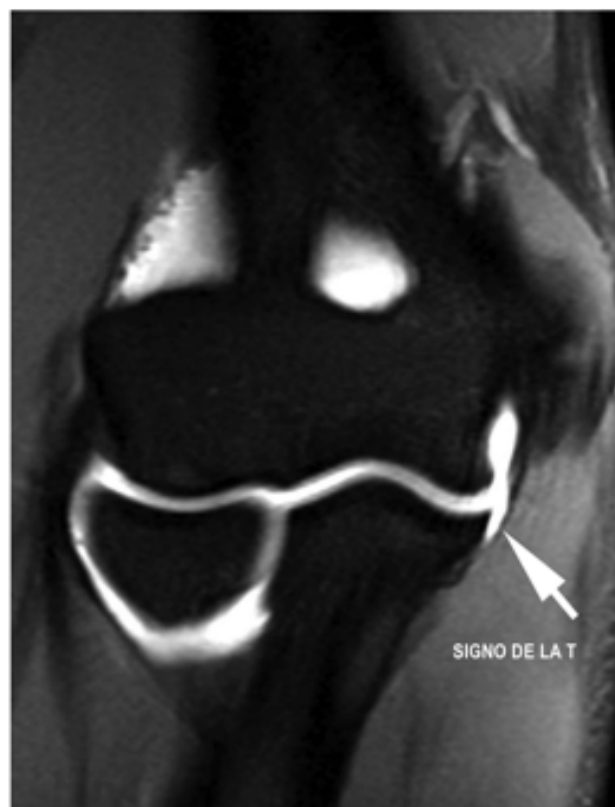


Figura 20. Plano coronal de Artro-Rm de codo en secuencia T1 con supresión grasa. Rotura parcial de las fibras profundas de la inserción distal de LCMA con paso de contraste entre el ligamento y el T.sublime (flecha) (“signo de la T”)

1.4 INESTABILIDAD DE CODO

La estabilidad del codo se mantiene gracias a la interacción de los componentes osteoarticulares y de partes blandas que se comportan como constrictores o estabilizadores de la articulación.

La inestabilidad se define como la pérdida de contacto estática o dinámica de las superficies articulares del codo y se puede clasificar en diferentes tipos atendiendo a los siguientes criterios(46):

- Tiempo:
 - Aguda / Subaguda / Crónica.
- Dirección del desplazamiento:
 - Valgo / Varo / Anterior / Posterolateral.
- Grado del desplazamiento:
 - Subluxación / Luxación
- Fracturas asociadas:
 - Simple (no asocia fractura) / Compleja (asocia fractura)

Atendiendo a estos criterios se han descrito varios patrones de inestabilidad, pero la descripción y análisis de cada uno de ellos queda fuera del objetivo de este trabajo.

A continuación desarrollaremos exclusivamente la descripción de la inestabilidad aguda que se produce como consecuencia de un traumatismo (inestabilidad aguda traumática de codo) bien con lesión de estructuras de partes blandas de manera aislada (inestabilidad simple), o bien asociada a la fractura de elementos óseos (inestabilidad compleja).

1.4.1 INESTABILIDAD TRAUMÁTICA SIMPLE

Es aquella que se produce como consecuencia de lesiones de estructuras capsuloligamentosas, sin que se identifiquen fracturas asociadas.

La mayoría de las luxaciones simples se producen con un mecanismo rotatorio posterolateral denominado Inestabilidad Simple Posterolateral, que describimos con detalle a continuación (47):

El mecanismo típico de producción de la Inestabilidad Simple Posterolateral es una caída con la mano extendida y el hombro en abducción que resulta en una compresión axial sobre el codo siendo LCCL el principal elemento dañado y responsable de la inestabilidad posterolateral(48):

La inestabilidad del codo posterolateral se puede considerar un espectro o cascada de acontecimientos (“Circle of Horii”) con tres estadios de lesiones de tejidos de partes blandas que progresan desde la faceta lateral hacia la medial(47-49):

- Estadio 1: El codo se subluxa a posterolateral por disrupción de LCCL, LCR con asociación o no de lesión de la cápsula articular
- Estadio 2: El codo se luxa de manera incompleta quedando el proceso coronoides apoyado sobre la tróclea debido a la progresión del daño desde lateral a medial, afectando a la cápsula anterior y posterior
- Estadio 3: El codo se luxa completamente y el proceso coronoides queda situado detrás del húmero
 - 3A: El LCMA queda íntegro pero se produce lesión de LCMp. El codo queda entonces estable al estrés en valgo tras la reducción, ya que no existe lesión del principal estabilizador del valgo (LCMa).
 - 3B: El LCMA se rompe, por lo que el codo queda inestable al varo, valgo y a la rotación posterolateral.
 - 3C: El húmero distal daña los tejidos de partes blandas (tendones comunes extensor-supinador y flexor-pronador) quedando una inestabilidad importante de 0 a 90°, incluso con escayola. Se debe reducir y mantener el codo con flexión superior a 90°.



Figura 21. *A. RX AP de codo con representación de la dirección de lesión de las estructuras partiendo desde la cara lateral (LCCL) hacia medial por la cara anterior y posterior de la articulación. B. Dibujo esquemático de la progresión de las lesiones en la inestabilidad simple posterolateral de codo(20, 36, 46).*

El tratamiento inicial consiste en la reducción e inmovilización.

En la radiografía lateral post-reducción se puede observar un leve aumento de la distancia cúbito humeral (mayor a 3mm) (“drop sign”)(25, 47) pero la prueba más indicada para la valoración de las lesiones de las estructuras ligamentosas es la RM.

El pronóstico tras una luxación simple suele ser bueno, aunque como complicaciones más frecuentes puede haber limitación de la extensión y aparición de osificaciones heterotópicas. La incidencia de reluxación es baja(46).

1.4.2 INESTABILIDAD TRAUMÁTICA COMPLEJA

Aquella inestabilidad secundaria a traumatismo que se produce cuando se asocian fracturas a la lesión de las estructuras de tejidos blandos.

Los principales patrones de inestabilidad compleja de codo son los siguientes:

- Inestabilidad Rotatoria Posterolateral en valgo (IPLR)
- Inestabilidad Rotatoria Posteromedial en varo (IPMR)
- Inestabilidad Transolecraneana (ITO)

INESTABILIDAD POSTEROLATERAL ROTATORIA EN VALGO (IPLR)

Se caracteriza por la presencia de luxación de codo (posterior o posterolateral) junto con una fractura de la cabeza del radio y una fractura de la punta de la coronoides.

También se la conoce como “Triada Terrible” debido al amplio espectro de lesiones que conlleva al menos dos estabilizadores primarios (LCCL, ACH, LCM) y un secundario (cabeza radial), lo que puede dar lugar a importantes secuelas como rigidez, inestabilidad y artrosis. En general son el resultado de una caída sobre la mano extendida, con el antebrazo supinado y el codo semiflexionado con una fuerza en valgo y asociación probable de una carga posterolateral(50-52).

El tratamiento ha evolucionado mucho en la última década y aunque existe consenso sobre alguna de las estructuras que se deben reparar -como la cabeza radial y LCCL- persisten diferentes opiniones en cuanto a los tipos de reparación (reconstrucción o reemplazamiento cabeza radial por ejemplo) y la reconstrucción del resto de estructuras implicadas como punta de coronoides y LCM(53-55).

En la mayoría de los casos la Rx no es suficiente para el diagnóstico y se debe realizar TC para valorar correctamente la extensión de las fracturas y poder realizar una adecuada planificación quirúrgica(53).

INESTABILIDAD POSTEROMEDIAL ROTATORIA EN VARO (IPMR)

Se caracteriza por la lesión del ligamento colateral externo, la región posterior del ligamento colateral medial, y como única lesión ósea, la fractura de la porción anteromedial de la coronoides tal y como describió O'Driscoll(24). En principio se considera el tratamiento quirúrgico con fijación de la coronoides en los casos en los que se encuentra afectada la región anatómica de inserción del LCMA (T. Sublime), sin embargo es controvertido en el resto de situaciones.

El mecanismo de producción suele ser una caída con la mano extendida, el hombro flexionado y posición de adducción que resulta en una fuerza axial y en varo que hace que la tróclea choque con el proceso anteromedial de la coronoides dando lugar a la fractura habitualmente sin asociar luxación(46, 47, 55-57).

INESTABILIDAD TRASOLECRANEANA (ITO)

La fractura-luxación de olecranon es una fractura compleja del olecranon que asocia luxación/subluxación de la cabeza radial y/o del proceso coronoides(58-60).

Puede clasificarse en anterior o posterior en función de la dirección de la luxación :

- ITO ANTERIOR

La cabeza radial no está fracturada, los ligamentos colaterales permanecen intactos y la fractura de coronoides es un fragmento simple grande.

- ITO POSTERIOR

Fractura de base de coronoides (conminuta aproximadamente en 50% de los casos), fractura de cabeza radial y avulsión del LCL también en la mitad de los pacientes.



INESTABILIDAD COMPLEJA	IPLR	IPMR
MECANISMO	Fuerza en valgo y Rotación Externa 	Fuerza en Varo y Rotación Interna 
LUXACIÓN ARTICULAR	Luxación	Subluxación
FR. CORONOIDES	Punta (Tipo I)	Anteromedial (Tipo II)
FR. RADIO	SI	NO
LIGAMENTOS	LCCL +/- LCM	LCCL + LCMp

Tabla 1. Tabla esquemática de los principales patrones Inestabilidad Compleja postraumática de codo (IPLR y IPMR) con dibujo esquemático del mecanismo lesional. Abreviaturas: FR. CORONOIDES: fractura de coronoides; FR. RADIO: fractura de cabeza de radio. LCCL: ligamento colateral cubital lateral; LCMp: banda posterior del ligamento colateral medial. Tipo I y Tipo II: tipos de fractura según el sistema de clasificación de O'Driscoll.

En este trabajo de investigación vamos a centrar nuestra atención sobre la IRPM ya que es el patrón de inestabilidad con mayor área de mayor controversia en la literatura científica.

1.5 ESTADO ACTUAL DE IMPR Y SUS PRINCIPALES ÁREAS DE CONTROVERSID

Las fracturas de coronoides son relativamente infrecuentes estando presentes aproximadamente entre el 2% y el 15% de los pacientes con luxación de codo(5). Pueden aparecer de manera aislada, o más frecuentemente formar parte de un patrón más complejo de fractura-luxación(61).

Debemos resaltar que el proceso coronoides es uno de los principales estabilizadores de ACH, y junto con la cabeza radial proporciona refuerzo contra el desplazamiento posterior y la subluxación del codo. Sin embargo, mientras que la cabeza radial ayuda en la prevención de la inestabilidad en valgo, el proceso coronoides previene la inestabilidad en varo(61, 62). Se ha publicado que para mantener la estabilidad posterior y en valgo es necesario mantener al menos el 50% del proceso coronoides, por tanto las lesiones de coronoides de gran tamaño darán lugar a inestabilidad articular(62).

Las fracturas de coronoides pueden ser difíciles de identificar en las radiografía simples, además cuando son pequeñas se pueden confundir con un fragmento de la cabeza radial fracturada y no ser detectadas(61), por eso en las ocasiones en las que se sospecha que la radiografía no aporta la información suficiente debe realizarse TCMD para su correcta valoración.

En 1989 **Regan y Morrey** clasificaron las fracturas de coronoides en tres tipos valorando la radiografía lateral de codo y midiendo el porcentaje de afectación de la coronoides en el plano anteroposterior(63):

- **Tipo I:** aquella en la que sólo existe una avulsión de la punta de la coronoides. Para este tipo de fracturas recomiendan tratamiento conservador
- **Tipo II:** aquella fractura que afecta a menos o igual a 50% del proceso coronoides. Los autores recomiendan en estos casos valorar el tratamiento en función de la estabilidad de la articulación.
- **Tipo III:** es aquella fractura que afecta a más del 50% del proceso coronoides. Por su extensión los autores consideran que esta fractura limita el papel estabilizador de la coronoides y por tanto para evitar la inestabilidad articular recomiendan el tratamiento quirúrgico(64).

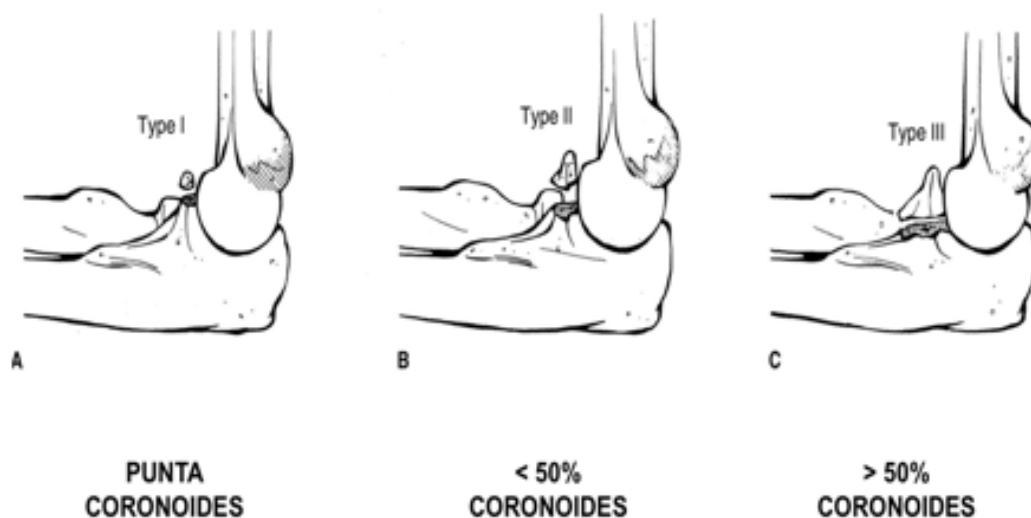


Figura 22. Sistema de Clasificación de Regan y Morrey de las fracturas de coronoides. Dibujo esquemático de los tres diferentes estadios.

A pesar de que esta clasificación se ha usado durante muchos años presenta una limitación muy importante al tener en cuenta sólo un plano (anteroposterior) en la morfología de las fracturas(65). Sin embargo todavía se considera que aunque dicha clasificación no aporte suficiente información sobre la naturaleza de la fractura, sirve como un importante indicador de la gravedad y pronóstico de la lesión(66).

En los últimos años gracias al desarrollo del TCMD, que permite realizar reconstrucciones MPR y volumétricas, y a su cada vez mayor disponibilidad en la mayoría de los centros de atención médica, se han podido estudiar de manera más detallada los diferentes tipos de fractura de coronoides.

Así, en el año 2003, O'Driscoll introduce una nueva clasificación basada en reconstrucciones MPR de TCMD y tiene en cuenta no solo el plano anteroposterior sino también el mediolateral. Además describe por primera vez la fractura del proceso

anteromedial de la coronoides y establece una correlación entre la morfología de las diferentes fracturas y un patrón de inestabilidad complejo. De este modo, la fractura del proceso anteromedial de la coronoides se produce en el contexto de la IRPM y por tanto asocia lesión del LCL y LCMp. Este conjunto de lesiones de la IRPM deriva en una subluxación cuya complicación principal es la inestabilidad cúbito-humeral que predispone al desarrollo precoz de artrosis. Es por ello que el autor aboga por el tratamiento quirúrgico(24).

Exponemos a continuación los diferentes tipos de fractura según el sistema de **clasificación de O'Driscoll** (Tabla 2):

Clasificación de O'Driscoll

TIPO	LOCALIZACIÓN FRACTURA	SUBTIPO	DESCRIPCIÓN
I	Punta	1	< o = 2 mm de la altura de la coronoides
		2	> 2 mm de la altura de la coronoides
II	Anteromedial	1	Anillo anteromedial
		2	Anillo anteromedial + Punta
		3	Anillo anteromedial + > 50% T. Sublime +/- Punta
III	Basal	1	Cuerpo de la coronoides + Base
		2	Coronoides basal transolecraneana

Tabla 2. Sistema de Clasificación de las fracturas de coronoides según O'Driscoll(24).

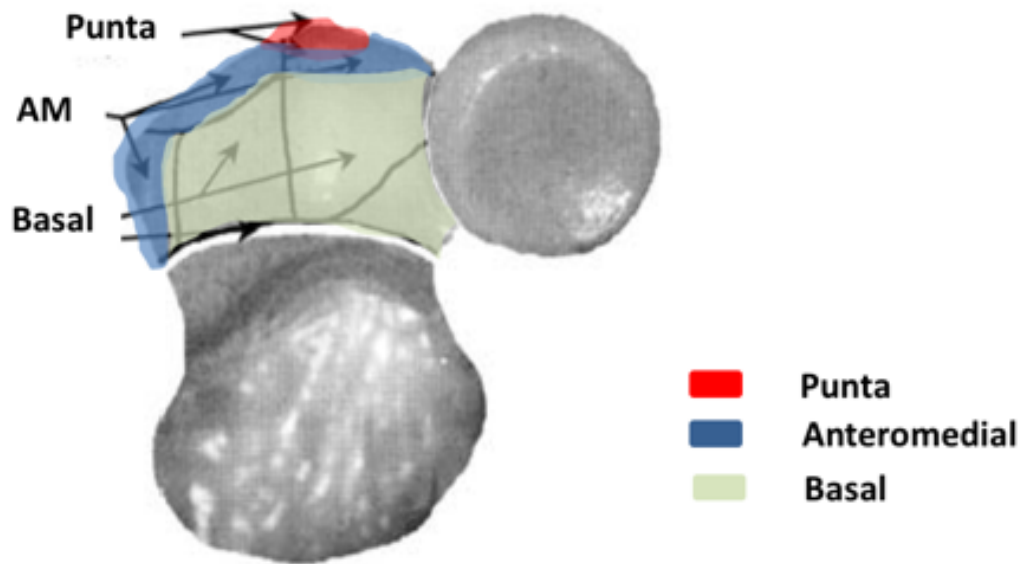


Figura 23. Dibujo esquemático de las diferentes regiones anatómicas de la coronoides (24).

Posteriormente en 2007 Doornberg, publica que la susceptibilidad a fracturarse de la porción anteromedial de la coronoides es debida a que hay una gran parte (58%) de ese proceso anteromedial que presenta una morfología que protruye medialmente y carece del soporte del componente metafisodiafisario cubital. Esto hace que la porción anteromedial de la coronoides sea una zona vulnerable a fracturas, sobre todo cuando intervienen fuerzas en varo(67).



Figura 24. *Reconstrucción volumétrica de TCMD de codo en visión posterior. La flecha marca la ausencia de soporte metafisario de la porción anteromedial de la coronoides (línea).*

Finalmente en 2012 un grupo de autores del mismo centro (Clínica Mayo) proponen una tercer sistema de clasificación, también basado en el análisis volumétrico (3D) y MPR (2D) de 52 pacientes con fractura de coronoides. Describen 5 patrones de fractura con sus lesiones asociadas y refieren adecuada reproducibilidad de la clasificación con escasa variabilidad intra e interobservador (Índice Kappa total de 0.76)(68).

Los 5 patrones de fractura del **sistema de clasificación propuesto por la Clínica Mayo** en 2012 son:

Punta

- Visualizada en un 29% de los pacientes.
- Afecta a menos de 3 mm de la altura de la coronoides
- En un 58% de los casos asocia fractura de cabeza o cuello radial
- Se correspondería con tipo I de Regan y Morrey

Transversa media

- Visualizada en 24% de los pacientes
- Afecta a más de 3 mm pero menos del 51% de la altura de la coronoides
- En un 56% asocia fractura de cabeza o cuello radial
- Se correspondería con tipo II de Regan y Morrey

Basal

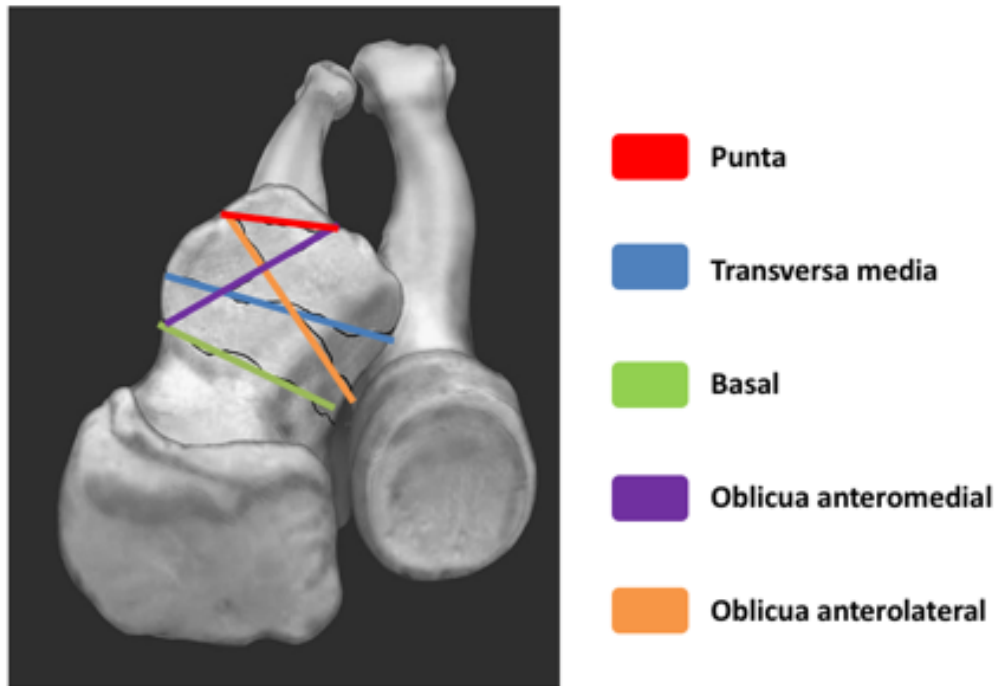
- Visualizada en 23% de los pacientes
- Afecta a la escotadura sigmoidea menor y al tubérculo sublime
- En un 46% se asocian a fracturas transolecraneanas
- En un 73% se asocian a fractura de cabeza o cuello radial
- Se correspondería con tipo III de Regan y Morrey

Oblicua anteromedial

- Visualizada en 17% de los pacientes
- Afecta a una porción del tubérculo sublime
- En un 33% asocia fractura de cabeza o cuello radial
- Se correspondería con las fracturas tipo II de O'Driscoll

Oblicua anterolateral

- Visualizada en 7% de los pacientes
- Afecta a una porción de la cavidad sigmoidea menor
- En todos los casos asocia fractura de cabeza radial
- No se describe en ninguna de las clasificaciones previa



***Figura 25.** Dibujo esquemático del Sistema de Clasificación de las fracturas de coronoides de la Clínica Mayo (2012) (68).*

Como ha quedado reflejado, las **pruebas de imagen** van a tener un papel muy importante en la clasificación de las fracturas y por tanto en la decisión terapéutica. Es por ello que resulta imprescindible realizar un análisis adecuado de los estudios de Rx y especialmente del TCMD. Sin embargo, no tenemos conocimiento hasta la fecha de ningún protocolo o guía consensuada y reproducible que permita elaborar las reconstrucciones del plano sagital, coronal y axial necesarias para el análisis global de estas fracturas y que incluya variables cuantitativas y cualitativas. Al carecer de esta guía en la evaluación del estudio, la reproducción de las mediciones es difícil, tanto para un mismo observador en diferentes tiempos como entre diferentes observadores.

El **abordaje terapéutico** de estas lesiones es un tema controvertido y podemos decir que hasta la fecha no existen estudios comparativos que demuestren qué tipo de tratamiento debe emplearse para cada combinación de lesiones. Existen varios estudios biomecánicos que intentan dar información sobre los elementos que deben permanecer íntegros para conservar la estabilidad del codo e incluyen qué combinación de lesiones osteo-ligamentosas o qué tamaño de fractura de la coronoides serían subsidiarios de reparación quirúrgica(69-72). Sin embargo aún no se conoce de manera precisa qué elementos se deben reparar ni qué tipo de procedimiento quirúrgico es el más apropiado. Recientemente se han publicado varios estudios sobre el tratamiento conservador de determinadas lesiones de coronoides(73-75), pero por el momento tampoco existe una experiencia clara acerca de los resultados del tratamiento conservador, y persisten dudas sobre qué tipo de lesiones podrían tratarse con éxito de manera conservadora. Por tanto, la evidencia científica disponible en la actualidad se limita a series retrospectivas de casos de expertos que intentan aportar determinadas pautas de actuación terapéutica(50, 76, 77).

Nuestra línea de investigación pretende centrarse en el desarrollo de un protocolo de reconstrucción, análisis e interpretación de las imágenes del TCMD en pacientes con fractura aislada de coronoides, que sea reproducible, tenga utilidad para la clasificación y el manejo terapéutico, así como para la identificación morfológica de los diferentes patrones de inestabilidad que asocian estas fracturas.

2. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

2.1 HIPOTESIS

HIPOTESIS CONCEPTUAL

Las fracturas de coronoides siguen patrones morfológicos reproducibles e identificables.

HIPOTESIS OPERATIVA

Las fracturas aisladas de coronoides, independientemente de las lesiones de partes blandas que asocien, son caracterizables de una manera reproducible mediante el análisis morfológico de reconstrucciones MPR y volumétricas de TCMD.

2.2 OBJETIVOS

PRINCIPAL

Diseñar un protocolo de análisis de imagen mediante TCMD, reproducible y con utilidad clínica, de fracturas y fracturas-luxación aislada de coronoides.

SECUNDARIOS

- Describir las características morfológicas de las fracturas aisladas de coronoides.
- Identificar los posibles mecanismos o patrones de lesión específicos implicados en estas fracturas.
- Identificar los parámetros de mayor utilidad clínica por su reproducibilidad y representatividad de la lesión.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y LEGALES

Para llevar a cabo este estudio no se modificaron los procedimientos diagnósticos que se realizan de manera habitual en el Hospital Fundación Jiménez Díaz en los pacientes que presentan fracturas de coronoides.

No fue necesaria la recogida de información adicional diferente a la que reflejaron los facultativos del Servicio de traumatología en la Historia Clínica.

Todos los datos fueron tratados acorde al cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.

Sólo aquellas pruebas de imagen y datos de la Historia Clínica que estuvieran en relación con el estudio fueron objeto de análisis.

Este estudio contó con la aprobación del Comité Ético del Hospital Fundación Jiménez Díaz.

3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

Este estudio es observacional prospectivo longitudinal

3.3 POBLACIÓN DEL ESTUDIO

Pacientes diagnosticados de fractura de coronoides aislada en el Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz en el periodo de tiempo comprendido entre Diciembre de 2009 hasta Marzo de 2015 y que cumplieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

3.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Esqueleto maduro (cierre fisario completo).
- Presencia de fractura aguda de coronoides.
- Ausencia de otras fracturas óseas (excluyendo las fracturas por impacto en cara posterior de cóndilo o tróclea, pequeñas fracturas osteocondrales, o las esquirlas óseas).

3.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Imposibilidad de recuperación de las imágenes del TCMD en el sistema de archivo digital de imágenes o PACS (“Picture Archiving and Communication System”) del Hospital Fundación Jiménez Díaz.
- Escasa calidad técnica del estudio que no permita el análisis MPR
- Pacientes que no cumplan los criterios de inclusión.

Dentro del periodo de tiempo referido se realizaron un total de 36 TCMD de codo con pacientes con fractura aislada de coronoides en el Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz. De ellos, hubo que excluir dos pacientes al no ser posible recuperar las imágenes del PACS para su análisis, debido a fallos técnicos.

La población final de nuestro estudio quedó constituida por 34 pacientes con TCMD que presentaban fractura aislada de coronoides.

3.4 RECOGIDA DE DATOS CLÍNICOS Y SOCIODEMOGRÁFICOS

La recogida de datos sociodemográficos y clínicos se realizó desde la Historia Clínica del paciente de forma retrospectiva por un solo investigador.

3.5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA DE IMAGEN TCMD

Todos los TCMD de codo incluidos en el estudio se realizaron de manera urgente a solicitud del traumatólogo que evaluó al paciente.

La prueba de imagen se realizó en todos los casos en uno de los dos modelos de TCMD de los que dispone el Departamento de Radiodiagnóstico del Hospital Universitarios Fundación Jiménez Díaz. A continuación describimos las características técnicas de los dos TCMD junto con los protocolos de obtención de imágenes para la articulación del codo:

- TCMD Philips Brilliance 64 detectores:

- Grosor: 1mm
- Incremento: 0.45 mm
- Pitch: 0.45
- Kv: 120
- mA: 250
- Tiempo de rotación 0.75 seg
- Reconstrucción con dos filtros (hueso y partes blandas)

- Dual source Somatom Definition Flash (Siemens) with 2x 128 detectores

- Grosor: 1mm
- Incremento: 0.7 mm
- Pitch: 0.85
- Kv: 100
- mA: 120
- Tiempo de rotación: 1seg
- Reconstrucción con dos filtros (hueso y partes blandas)

Para la realización de la prueba los pacientes se colocaron en decúbito prono con el brazo en abducción y codo por encima de la cabeza. Esta posición tiene como objetivo fundamental aislar al codo del resto de estructuras anatómicas (fundamentalmente tórax y abdomen) y así evitar posibles artefactos que disminuyan la calidad técnica del estudio. El TCMD se realizó en posición de extensión del codo en 9 de los casos mientras que se realizó en diferentes grados de flexión en 25 de los pacientes debido a la dificultad para la movilización articular en el momento del agudo de la lesión.



***Figura 26.** Fotografía de la posición del paciente en la realización de la prueba de TCMD.*

3.6 ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE IMAGEN (TCMD)

Las reconstrucciones y análisis de las pruebas de imagen de TCMD se llevaron a cabo a través de la estación de trabajo **PHILIPS IntelliSpace Portal. 2015. KONINKLIJKE PHILIPS N.V.** Se eligió este software por su disponibilidad en el Departamento de Radiodiagnóstico de nuestro centro, así como por la facilidad en el manejo. Este software permite de manera sencilla realizar reconstrucciones multiplanares (MPR) y volumétricas así como realizar diferentes medidas incluyendo áreas y ángulos.

El análisis de las pruebas de imagen lo realizaron de manera independiente **tres observadores** :

- Un radiólogo especializado en patología osteoarticular con más de 8 años de experiencia
- Dos estudiantes de último año del Grado de Medicina

La reconstrucción y análisis de las imágenes de TCMD comenzó una vez todos los observadores fueron instruidos en el **protocolo diseñado** específicamente para este estudio. En él se describe detalladamente la manera de reconstruir los planos axial, sagital y coronal y cómo se deben medir cada una de las variables en los distintos planos.

Todos los investigadores realizaron el análisis de TCMD de cada paciente **dos veces con un intervalo de tiempo de tres meses entre ambas mediciones**.

3.6.1 PROTOCOLO DE ANÁLISIS

El **protocolo de análisis de imagen de TCMD** incluye:

- Reconstrucción Volumétrica (3D)
- Definición de los ejes de referencia en función de puntos anatómicos constantes del cúbito para las reconstrucciones MPR
- Reconstrucciones MPR en tres planos
- Definición de las variables medidas en cada plano reconstruido

- RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA (3D)

Para realizar la reconstrucción volumétrica se selecciona la serie de imágenes fuente con filtro de partes blandas y el software realizará de manera automática la reconstrucción.

En los casos en los que es posible se realiza además la sustracción del húmero para poder tener una mejor visión de la coronoides fracturada.

- Valoración global de la fractura y la estabilidad articular
- Valoración de pequeñas fracturas asociadas secundarias a la luxación durante el mecanismo de producción de la fractura como son la fractura de la porción posterior de la tróclea y del cóndilo humeral.

PARÁMETROS EN LA RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA	DESCRIPCIÓN
	Clasificación fractura según sistema O'Driscoll
	Subluxación
	Afectación del tubérculo sublime
Valoración global	Orientación de la fractura
	Fracturas por impactación en cara posterior húmero :
	<ul style="list-style-type: none"> • Cóndilo • Tróclea

Tabla 3. Descripción de la valoración que se realizan en la reconstrucción volumétrica del TCMD del cúbito proximal

- DEFINICIÓN DE LOS EJES PARA REALIZAR LAS RECONSTRUCCIONES MPR

Se referencian los planos de corte a ejes del cúbito proximal, obviando el húmero, con el fin de:

- Reproducir las medidas independientemente del grado de flexión del codo en el momento de la realización del TCMD
- Evitar las alteraciones en los ejes que pudieran derivarse de la inestabilidad articular que presentan en ocasiones este tipo de fracturas.

Teniendo en cuenta la asimetría morfológica del cúbito proximal y sus principales características anatómicas como la angulación en varo, y la línea cortical posterior plana del olecranon (“flat spot”), se definen **tres ejes** (representados en la Figura 27) a partir de puntos anatómicos representativos y constantes del cúbito proximal obteniendo cada uno de ellos en una visión diferente del cúbito (sagital, coronal y axial):

- **Eje cortical posterior:** Este eje lo identificamos en los cortes que permiten la visión lateral (sagital) del cúbito y queda definido como la línea imaginaria que pasa por la cortical plana posterior del cúbito proximal (olecranon) (“flat spot”).
- **Eje longitudinal proximal del cúbito:** Este eje lo localizamos en los cortes que permiten la visión anteroposterior (coronal) del cúbito y queda definido como la línea imaginaria que sigue la dirección de la porción proximal del cúbito.
- **Eje de la base de la coronoides:** Este eje lo localizamos en los cortes que permiten la visión craneocaudal (axial) del cúbito y queda definido como la línea imaginaria que une el margen posterior del tubérculo sublime y el margen posterior de la cavidad sigmoidea menor del cúbito.

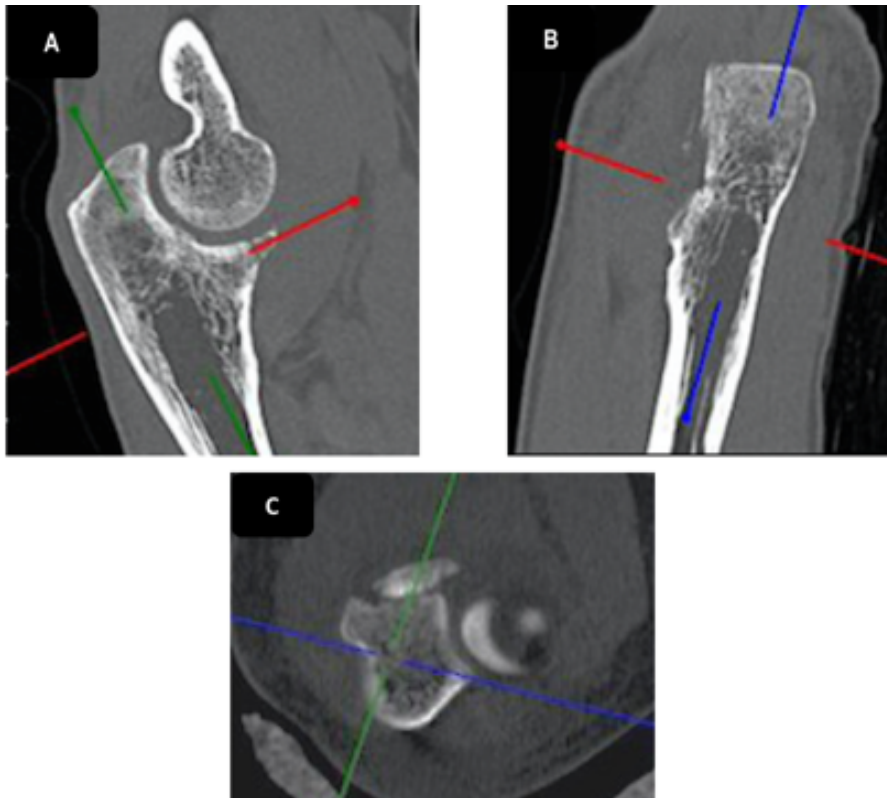


Figura 27. Reconstrucciones MPR de TCMD de codo. **A.**Corte sagital que permite la identificación de la línea cortical posterior plana del cúbito. **B.**Corte coronal que permite identificar el eje longitudinal del cúbito proximal con su angulación característica en varo. **C.**Corte axial que permite la identificación del eje de la base de la coronoides .

- RECONSTRUCCIONES MPR EN LOS TRES PLANOS

Para definir un plano de corte, se seleccionan dos de los diferentes ejes de la siguiente manera (Tabla 4):

- **Plano axial del cúbito**
 - Se define con el **eje cortical posterior y el eje longitudinal del cúbito proximal.**
 - De los diferentes cortes axiales, se selecciona el más proximal posible, es decir, en el que se vea la mayor área de hueso subcondral de coronoides para medir (pueden ser diferentes en el fragmento y en la coronoides respetada)
- **Plano Sagital del cúbito**
 - Definido por el **eje longitudinal del cúbito y el eje de la base de la coronoides.**
 - De los diferentes cortes sagitales, se selecciona aquel en el que el fragmento de la fractura de la coronoides se identifica en su mayor magnitud
- **Plano coronal del cúbito**
 - Definido por el **eje cortical posterior y el eje de la base de la coronoides.**
 - De los diferentes cortes del plano coronal, se escoge el más anterior que incluya toda la anchura de la coronoides respetada es decir, el situado justo posterior a la zona más deficiente de la coronoides.

EJES PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE PLANOS

PLANO AXIAL DEL CÚBITO	Se define con el eje cortical posterior del cúbito y el eje longitudinal proximal del cúbito
PLANO SAGITAL DEL CÚBITO	Se define con el eje longitudinal proximal del cúbito y el eje de la base de la coronoides
PLANO CORONAL DEL CÚBITO	Se define con el eje cortical posterior del cúbito y el eje de la base de la coronoides

Tabla 4. Definición de cada uno de los planos de estudio de TCMD a partir de dos diferentes ejes referenciados al cúbito.

- VARIABLES MEDIDAS EN CADA UNO DE LOS PLANOS RECONSTRUIDOS

- **Plano axial del cúbito** (Figura 28 y Tabla 5)

- **Área respetada de coronoides:** Se dibuja el área del hueso coronoides subcondral no fracturado tomando como base de la coronoides la línea que une el margen posterior del tubérculo sublime y el margen posterior de la cavidad sigmoidea menor.
- **Área de fractura de coronoides:** Área de la coronoides fracturada de mayor tamaño que involucra al hueso subcondral del fragmento. Si hay varios fragmentos se suman las diferentes áreas (representando el total de la coronoides deficiente).
- **Ángulo de inclinación de la fractura:** Ángulo formado por la base de la coronoides y la línea que une los márgenes medial y lateral de la fractura (punto de salida y de entrada de la fractura). Definiremos sus grados, y si la pérdida de coronoides es más “**medial**” o más “**lateral**” (consideramos neutra aquellas que presentan angulación entre + -4 °).
- **Morfología de la coronoides respetada en su porción medial:** se describe de la morfología del hueso subcondral respetado en la porción medial en “**convexa**”, “**cóncava**” o “**neutra**”. (Describimos únicamente la porción medial y no la morfología de la totalidad de la fractura ya que es la zona descrita en la literatura como vulnerable a la subluxación y por tanto al desarrollo de artrosis precoz).
- **Afectación del Tubérculo sublime:** se describe si el trazo de fractura no alcanza al tubérculo sublime (**previo**), si contacta con su margen anterior (**margen**) o bien si afecta al tubérculo sublime (**interior**).

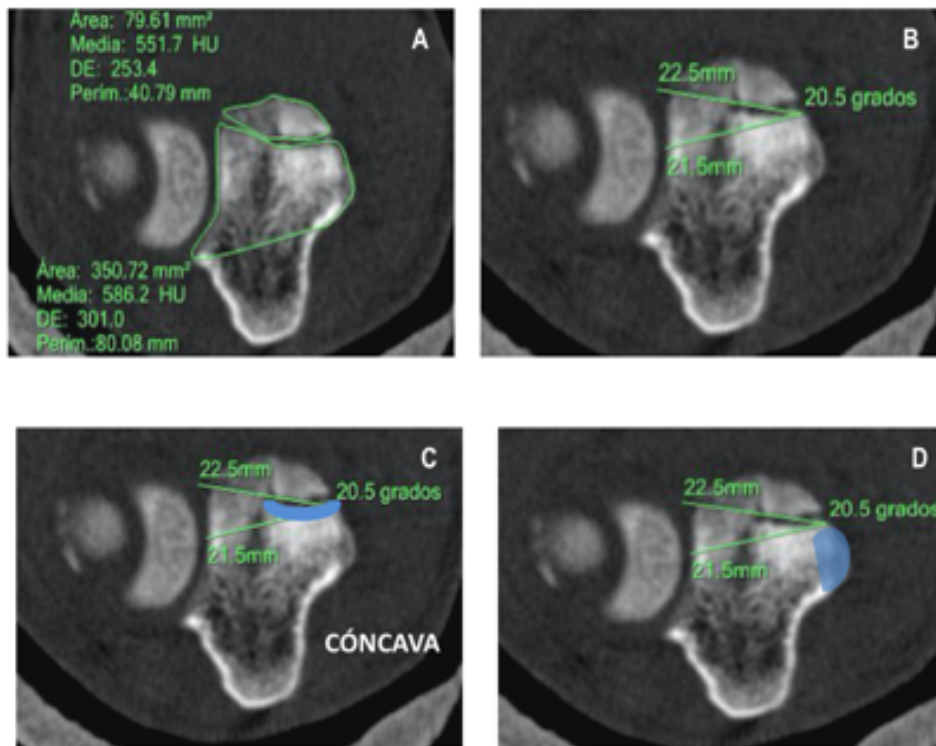


Figura 28. Reconstrucción axial de TCMD de codo con representación de las medidas realizadas en este plano según el protocolo diseñado en este trabajo. **A.** Área del fragmento y área respetada de coronoides. **B.** Ángulo de inclinación de la fractura respecto al eje de la base de la coronoides. **C.** Morfología de la coronoides medial respetada. **D.** Relación de la fractura con el Tubérculo Sublime (representado en color azul)

PARÁMETROS EN LA RECONSTRUCCIÓN AXIAL	DESCRIPCIÓN
Área coronoides preservada	Área de hueso subcondral no fracturado anterior a la base de la coronoides
Área de fractura	Área de hueso subcondral de coronoides fracturada
Inclinación de la fractura	Ángulo formado por la base de la coronoides y la línea que conecta los puntos de entrada y salida de la fractura
Morfología coronoides medial respetada	Morfología del borde de la coronoides medial respetada.
Afectación Tubérculo Sublime	Valoración del compromiso del tubérculo sublime en el trazo de la fractura

Tabla 5. Descripción de las medidas que se realizan en la reconstrucción axial del TCMD del cúbito proximal.

- **Plano Sagital del cúbito** (Figura 29 y Tabla 6)

- **Altura del fragmento de coronoides:** Altura del hueso subcondral de mayor longitud. Si hay dos o más fragmentos se mide el de mayor altura. De esta manera estamos representando la mayor pérdida de coronoides.
- **Altura coronoides respetada de coronoides:** Altura de coronoides remanente. La altura se mide en una perpendicular al eje cortical posterior del cúbito que pase por el hueso subcondral de la coronoides, desde el borde de la fractura hasta la paralela al eje cortical posterior tangente a la porción más profunda de la cavidad sigmoidea mayor (en el lado articular del hueso subcondral). Se selecciona el corte para-sagital del cúbito donde la coronoides remanente sea más baja por el defecto de la fractura.
- **Desplazamiento de la fractura:** En el mismo corte anterior (de la altura de la coronoides remanente) se mide la distancia entre los dos huesos subcondrales, el del fragmento respetado y el de la coronoides remanente. Si hay dos fragmentos, se mide la distancia al fragmento que ocasiona más deficiencia en la coronoides.
- **Inestabilidad Sagital:** En el mismo corte anterior se mide la distancia desde el hueso subcondral del humero al del cúbito, por la región central, la más anterior y la más posterior de la cavidad sigmoidea mayor. Todas las líneas de medición se orientan de forma radial, de manera que si se prolongan, pasan todas por el centro de la tróclea humeral.
- Se califica cualitativamente como “**reducido**” o “**subluxado**”, en función de que las superficies articulares subcondrales cubitales y humerales sean absolutamente paralelas o no.

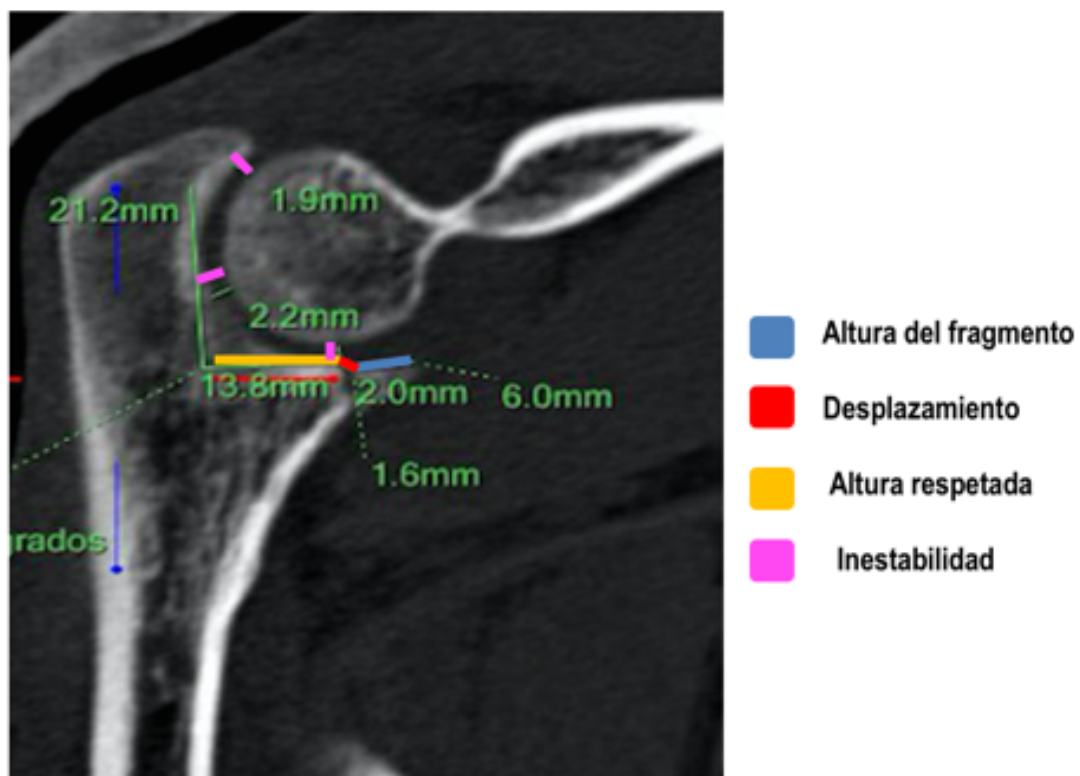


Figura 29. Reconstrucción sagital de TCMD de codo con representación de las medidas realizadas en este plano según el protocolo diseñado en este trabajo.

PARÁMETROS EN LA RECONSTRUCCIÓN SAGITAL	DESCRIPCIÓN
<i>Altura del fragmento</i>	Mayor altura del hueso subcondral de coronoides fracturado
<i>Altura de coronoides respetada</i>	Altura de coronoides preservada, perpendicular a la cortical posterior del cúbito, desde el punto que coincide con el sitio más profundo de la escotadura sigmoidea mayor.
<i>Desplazamiento del fragmento</i>	Mayor desplazamiento entre el fragmento de hueso subcondral y la coronoides preservada
<i>Inestabilidad cúbito humeral</i>	<p>Espacio articular entre las superficies subcondrales del húmero y cúbito medido en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Región más anterior de coronoides preservada 2. Margen más anterior de superficie articular olecranon 3. Punto medio en entre las dos anteriores <p>Pérdida del paralelismo entre las superficies articulares</p>

Tabla 6. Descripción de las medidas que se realizan en la reconstrucción sagital del TCMD del cúbito proximal.

- **Plano coronal del cúbito** (Figura 30 y Tabla 7)
 - **Inestabilidad Coronal:** Se realizan mediciones paralelas entre si en tres diferentes puntos (medial, central y lateral) del hueso subcondral del húmero al de la coronoides y del hueso subcondral del húmero al del radio (también en tres puntos: medial, central y lateral).
 - Se califica cualitativamente como “reducido” o “subluxado”, en función de que las superficies articulares de los huesos subcondrales radio-cubitales y cúbito-humerales sean absolutamente paralelos o no.

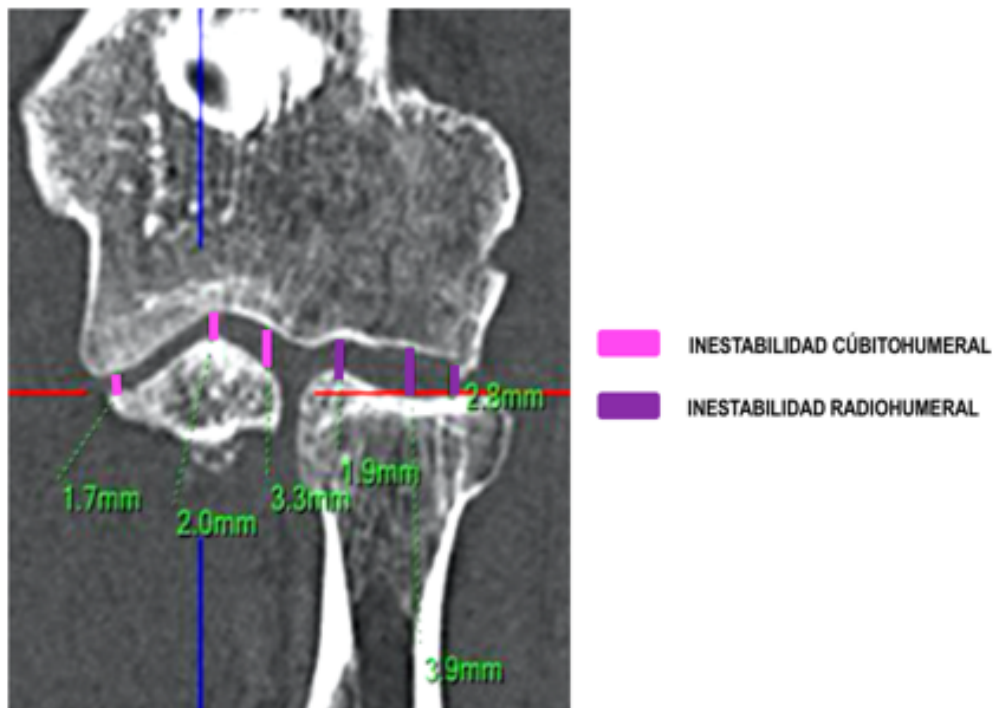


Figura 30. Reconstrucción coronal de TCMD de codo con representación de las medidas realizadas en este plano según el protocolo diseñado en este trabajo.

PARÁMETROS EN LA RECONSTRUCCIÓN CORONAL	DESCRIPCIÓN
<i>Inestabilidad cúbito humeral</i>	<p>Espacio articular entre las superficies suncondrales del húmero y cúbito medido en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coronoides preservada más medial 2. Coronoides preservada más lateral 3. Punto medio entre las dos anteriores <p>Pérdida paralelismo entre superficies articulares</p>
<i>Inestabilidad radio humeral</i>	<p>Espacio articular entre las superficies suncondrales del radio y húmero medido en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Margen de la cabeza radial más medial 2. Margen de la cabeza radial más lateral 3. Punto medio entre las dos anteriores <p>Pérdida paralelismo entre superficies articulares</p>

Tabla 7. Descripción de las medidas que se realizan en la reconstrucción coronal del TCMD del cúbito proximal.

3.7 RECOGIDA DE VARIABLES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.7.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Todos los datos de este estudio se registraron en una base de datos Excell que fue posteriormente exportada al programa estadístico SPSS para obtener los resultados descriptivos y analíticos.

3.7.2 ESTUDIO DESCRIPTIVO

Las variables cualitativas se presentaron con su distribución de frecuencias y las variables cuantitativas se resumen en su media, mediana y desviación estándar (DE). En todos los casos se comprobó la distribución de la variable frente a los modelos teóricos. El estudio descriptivo de las variables radiológicas de las fracturas de coronoides se realizó con los resultados de la segunda medición que realizó el observador especialista en radiología musculoesquelética (el más experimentado).

3.7.3 ANÁLISIS DE CONCORDANCIA INTRA E INTEROBSERVADOR

En el estudio de **concordancia intraobservador** se seleccionaron las primeras y las segundas medidas radiológicas para cada uno de los observadores.

El estudio de **concordancia interobservador** se realizó con las segundas medidas radiológicas de cada uno de los observadores y se compararon entre ellas de dos en dos con el siguiente esquema: primer observador – segundo observador; primer observador – tercer observador; segundo observador – tercer observador.

El análisis de la concordancia intra e interobservador de las variables cualitativas se realizó con el **Coefficiente Kappa de Cohen**. Kappa (K) representa la fuerza de la concordancia entre las observaciones, y la interpretación de sus valores queda reflejado en la Tabla 8(78-80).

El análisis de la concordancia intra e interobservador de las variables cuantitativas se realizó con el **Coefficiente de Correlación Intraclass (CCI)**. Dado que el objetivo que se plantea al elaborar un protocolo de medición es lograr que los valores absolutos obtenidos por los diferentes evaluadores sean próximos entre sí, se tomó como valor del CCI la medida del *acuerdo absoluto*. Téngase en cuenta que el *acuerdo absoluto* tiende a dar valores ligeramente inferiores a los que se obtienen con la medida de *consistencia* del CCI, dado que se trata de una prueba estadística más exigente en su formulación matemática – ya que tiene en cuenta el efecto aleatorio que puede haber no solo entre los sujetos y sus medidas, sino también en la propia repetición de estas medidas, cosa que no ocurre con la *consistencia*–. La interpretación de los valores, siguiendo las categorías propuestas por Fleiss (81), queda reflejada en la Tabla 8.

COEFICIENTE KAPPA	FUERZA DE LA CONCORDANCIA
0	Pobre
0,01 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1,00	Casi perfecta

CCI	FUERZA DE LA CONCORDANCIA
0 - 0,4	Pobre
0,41 - 0,75	Aceptable
0,75 - 1	Excelente

Tabla 8. Interpretación de la concordancia según los valores del Coeficiente Kappa (K) para las variables cualitativas y según el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) para las variables cuantitativas.

4.RESULTADOS

La población de estudio quedó constituida por 34 pacientes que cumplieron todos los criterios de inclusión.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

4.1.1 EDAD

La edad media de los pacientes de la población final del estudio fue de 42,75 años, con un rango de edades comprendido entre los 17 y los 78 años.

4.1.2 SEXO

Del total de 34 pacientes que conformaron la población final del estudio 20 eran varones (58.8%) y 16 mujeres (41.2%).

4.1.3 LUXACIÓN

En 18 de los casos (52.94%) se documentó luxación asociada a la fractura, mientras que en 16 de los casos (47.05%) no existió luxación.

4.1.4 LATERALIDAD

En 15 de los casos el codo afectado fue el derecho (44.1%) y en 19 el izquierdo (55.8%).

4.1.5 DOMINANCIA

En 12 de los pacientes (35.3%) la lesión se produjo en el lado dominante mientras que en 17 (50%) fue en el lado no dominante. En 5 de los pacientes (14.7%) la dominancia no quedó correctamente reflejada en la Historia Clínica

4.1.6 TIPO DE TRATAMIENTO REALIZADO

En 28 de los pacientes (82.3%) se optó por tratamiento conservador mientras que sólo 6 de los pacientes (17.7%) fueron sometidos a tratamiento quirúrgico.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FRACTURAS DE CORONOIDES

A continuación exponemos la descripción de las fracturas de coronoides basadas en las mediciones radiológicas de los TCMD. Para facilitar la exposición de los resultados, en primer lugar se presentan las variables cualitativas, que nos van a permitir obtener las características generales de estas fracturas, y en segundo lugar se presenta la descripción de las cuantitativas obtenidas en cada uno de los planos de análisis del TCMD.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

El análisis de los TC permitió clasificar e identificar las características más frecuentes de las fracturas aisladas de coronoides en cuanto a su morfología e inclinación así como su relación con el tubérculo sublime y su asociación con lesiones por impactación en húmero distal y posterior.

- CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS SEGÚN O'DRISCOLL

Siguiendo el sistema de clasificación propuesto por O'Driscoll, la mayoría de los pacientes presentó una fractura que afectaba a la porción anteromedial (Tipo II). Los 34 pacientes se repartieron en los diferentes tipos de la siguiente manera:

Tipo I: 5 pacientes

subtipo 1: 0

subtipo 2: 5 pacientes (14.70%)

Tipo II: 33 pacientes

subtipo 1: 1 (2.94%)

subtipo 2: 24 pacientes (70.58%)

subtipo 3: 4 pacientes (11.76 %)

Tipo III: 0 pacientes

- INCLINACIÓN DE FRACTURA EN EL PLANO AXIAL RESPECTO AL EJE DE LA BASE DE LA CORONOIDES

En la mayoría de los casos (30 pacientes, que suponen un 88.2% del total) se observó que el lecho de la fractura presentaba una orientación anteromedial respecto al eje de la base de la coronoides, mientras que sólo en 4 casos (11.8%) se identificó una orientación neutra, tal y como se representa en la Figura 29. En ninguno de los casos analizados se identificó una orientación lateral en el lecho de la fractura.

Inclinación de la fractura respecto al eje de la base coronoidea

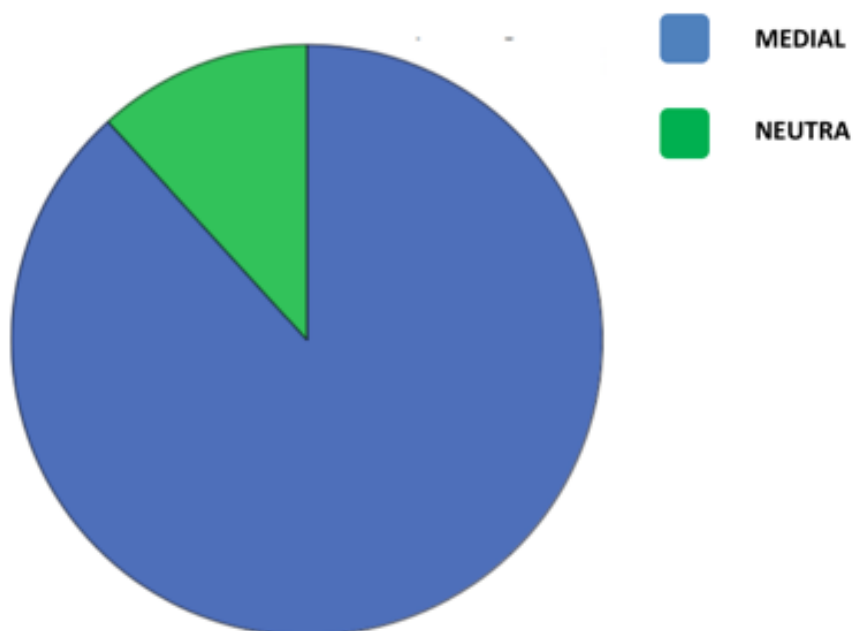


Figura 31. Gráfico que representa la distribución de las fracturas en medial y neutra en función de la inclinación que presenta el lecho de la fractura respecto al eje de la base de la coronoides.

- RELACIÓN DE LA FRACTURA CON EL TUBÉRCULO SUBLIME

En 19 de los casos (55.9%) el límite de la fractura contactó con el margen del tubérculo sublime, mientras que en 7 de ellos (20.6%) el tubérculo sublime se incluyó en el trazo de fractura.

Sólo en 8 (23.5%) pacientes la fractura quedó alejada del tubérculo sublime y sin relación alguna como se puede observar en la Figura 32.

Relación de la fractura con el Tubérculo Sublime

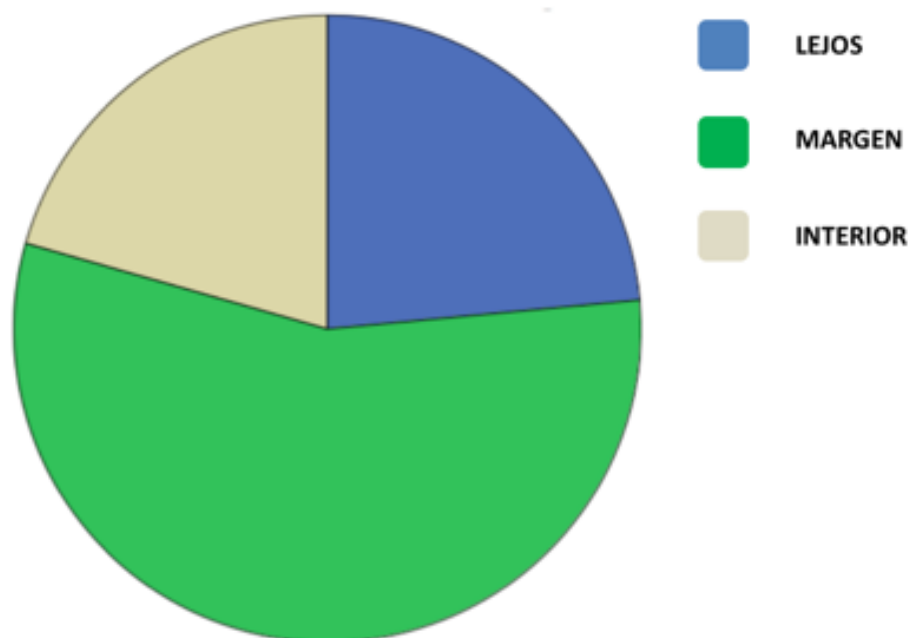


Figura 32. Gráfico que representa la distribución de las fracturas en función de la relación de las mismas con el Tubérculo Sublime. Siendo “Lejos”: aquellas que no presentan relación con el mismo; “Margen”: aquellas fracturas cuyo límite medial contacta con el margen del tubérculo sublime ; “Interior”: aquellas fracturas cuyo trazo afecta al tubérculo sublime.

- MORFOLOGÍA DE LA CORONOIDES MEDIAL RESPETADA

Como se representa en la Figura 33, la morfología de la coronoides medial en el lecho de fractura presentó una morfología cóncava en 18 casos (52.9%) mientras que fue neutra en 14 (41.2%) y convexa sólo en 2 pacientes (5.9%).

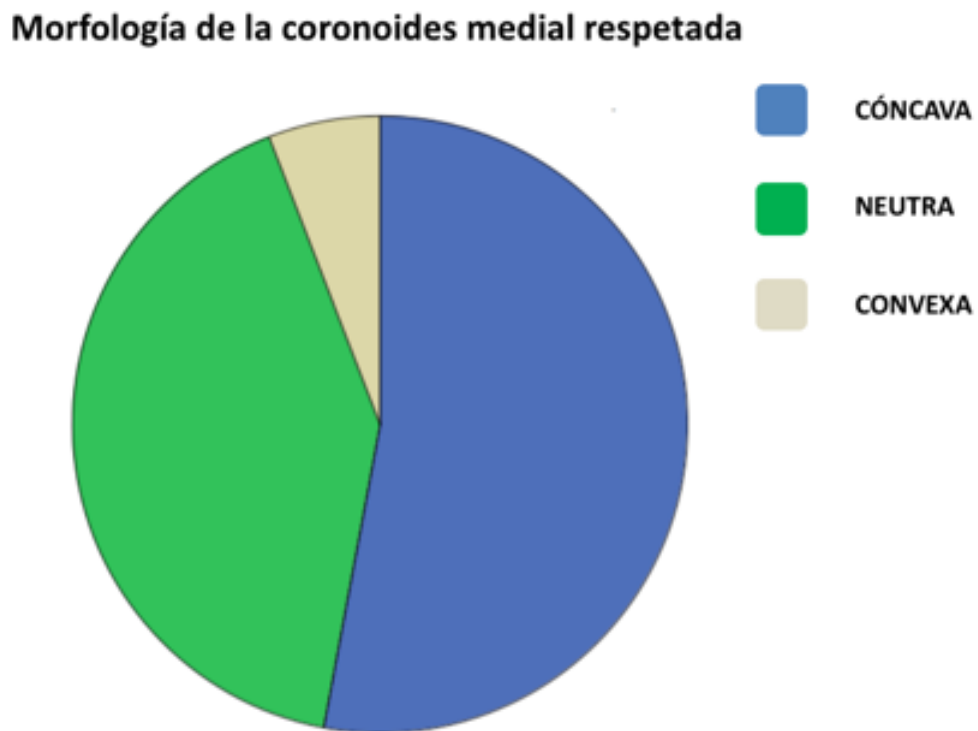


Figura 33. Gráfico que representa la distribución de las fracturas en cóncava, neutra y convexa, en función de la de la morfología de la coronoides respetada (no fracturada) en su porción más medial.

- INESTABILIDAD ARTICULAR EN EL PLANO SAGITAL

La valoración subjetiva de la inestabilidad en el plano sagital resultó negativa en 29 pacientes (85.3%) mientras que se identificó inestabilidad en forma de subluxación en 5 pacientes (14.7%) como se representa en la Figura 34.

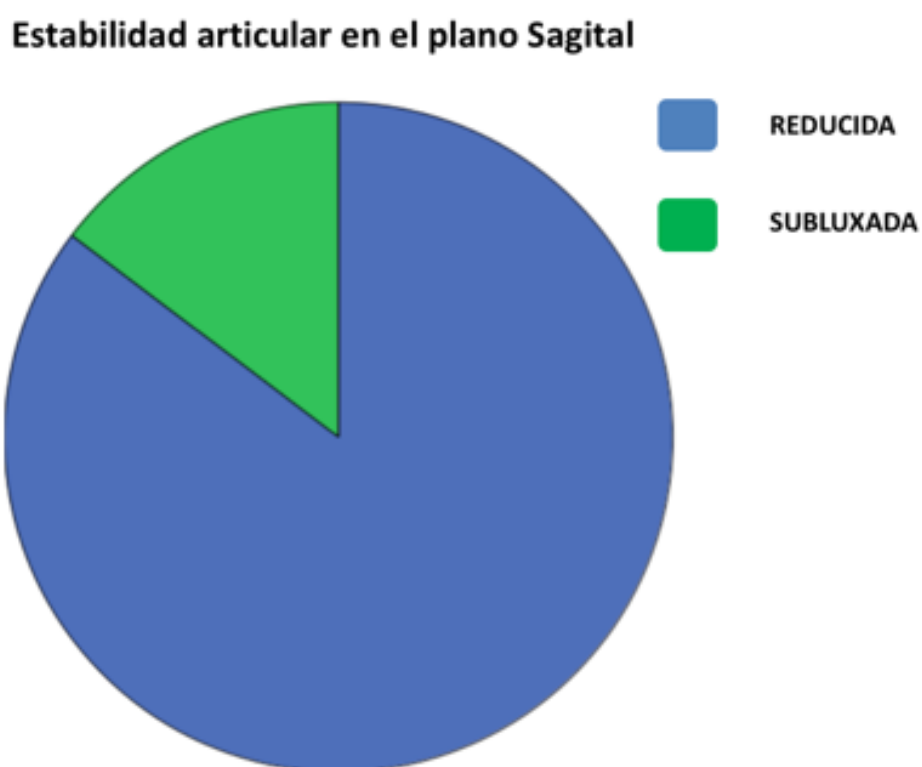


Figura 34. Gráfico que representa la distribución de las fracturas en reducida o subluxada en función de la valoración de la congruencia articular en el plano sagital.

- INESTABILIDAD ARTICULAR EN EL PLANO CORONAL

La valoración de la inestabilidad en el plano coronal resultó negativa en 27 pacientes (79.4%) mientras que se identificó inestabilidad en forma de subluxación en 7 pacientes (20.6%) como se puede observar en la figura 35.

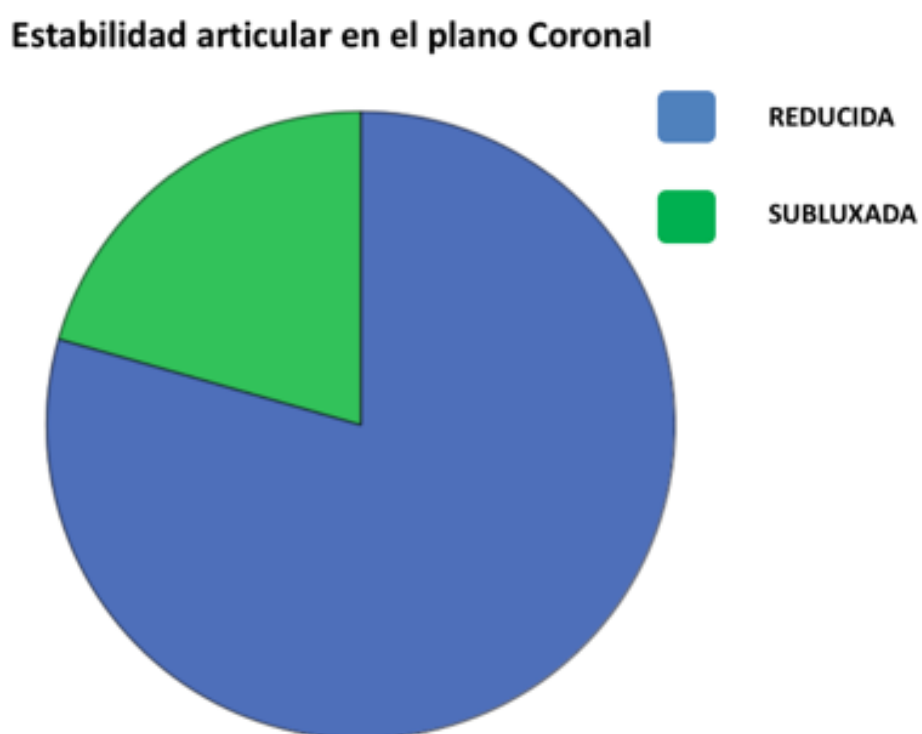


Figura 35. Gráfico que representa la distribución de las fracturas en reducida o subluxada en función de la valoración de la congruencia articular en el plano coronal.

- ASOCIACIÓN CON FRACTURAS POR IMPACTACIÓN EN HÚMERO DISTAL

Como se representa en la Figura 36, la fractura de coronoides aislada se asoció a lesión por impactación en húmero posterolateral (cara posterior del cóndilo) en 14 pacientes (41.17%), mientras que en 7 pacientes (20.59%) la impactación fue posteromedial. En 13 de los casos (38.23%) no se observó ninguna fractura por impactación en húmero distal y posterior.

Asociación de Fractura por impactación en el húmero posterior

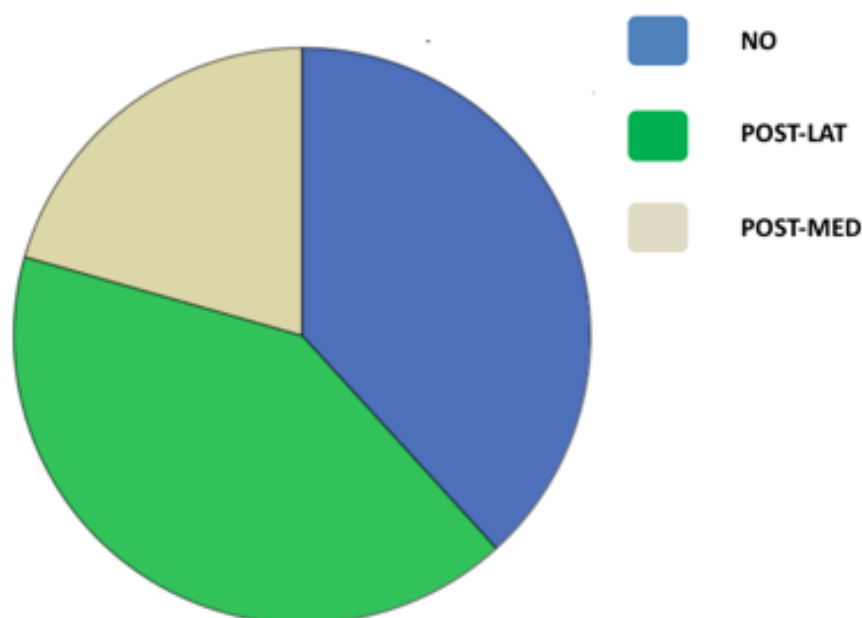


Figura 36. Gráfico que representa la distribución de las fracturas en función de su asociación a fracturas por impactación en el húmero distal posterior (siendo “NO” aquellas que no asocian fractura; “post-lat” aquellas que presentan fractura asociada en cara posterior del cóndilo humeral; “post-med” aquellas que presentan fractura asociada en cara posterior de la tróclea humeral)

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS OBTENIDAS EN LOS DISTINTOS PLANOS DEL TCMD CODO

- RESULTADOS EN PLANO AXIAL

En la Tabla 9 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en el plano axial de todos los TCMD de codo incluidos en el estudio.

<u>TC PLANO AXIAL</u>	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA					
	N	MEDIA	MEDIANA	DE	MIN	MAX
Área respetada	34	273,93	269,21	49,71	191,33	385,13
Área fractura	34	67,94	65,75	34,19	21,6	143,12
% Área fractura	34	20,62	20,15	7,84	6,8	37,4
Ángulo inclinación	34	15,69	14,50	9,48	0	34

Tabla 9. Resultados de las mediciones realizadas en las reconstrucciones axiales de TCMD de codo. Los ángulos se muestran en grados. Las áreas se muestran en mm². Abreviaturas: N: tamaño de la muestra; DE: desviación estándar; MÍN: mínimo; MÁX: máximo; % ÁREA DE FRACTURA: (área fractura / área fractura + área respetada)x100.

- RESULTADOS EN PLANO SAGITAL

En la Tabla 10 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en el plano sagital de todos los TCMD de codo incluidos en el estudio.

<u>TC PLANO SAGITAL</u>	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA					
	N	MEDIA	MEDIANA	DE	MIN	MAX
Altura fragmento	34	6,33	6	2,26	3,7	16,3
Altura respetada	34	11,62	11,6	1,76	6,80	15,5
% Altura fragmento	34	34,9	34,1	8,73	20,1	58,6
Desplazamiento	34	3,18	2,1	2,39	0,8	8,9
DIST. UH ANT	34	2,07	2	0,47	1	3
DIST. UH MED	34	2,51	2,3	1,06	0,8	6,1
DIST. UH POST	34	2,46	2,1	1,31	1,2	8,2

Tabla 10. Resultados de las mediciones realizadas en las reconstrucciones sagitales de TC de codo. Las distancias se muestran en mm. Abreviaturas: N: tamaño de la muestra; DST: desviación estándar; MÍN: mínimo; MÁX: máximo; % Altura fragmento: (altura fractura de coronoides/ altura fractura de coronoides + altura respetada de coronoides)x100; UH: ulnohumeral o cubitohumeral. DIST. UH ant: distancia ulnohumeral anterior; DIST. UH media: distancia ulnohumeral media; DIST. UH post: distancia ulnohumeral posterior.

- RESULTADOS EN PLANO CORONAL

En la Tabla 11 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en el plano coronal de todos los TCMD de codo incluidos en el estudio.

<u>TC PLANO CORONAL</u>	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA					
	N	MEDIA	MEDIANA	DE	MIN	MAX
DIST UH MED	34	2	1,8	0,66	1	3,2
DIST UH CENT	34	2,29	2,35	0,58	1,3	3,7
DIST UH LAT	34	2,57	2,45	0,77	1,5	4,6
DIST RH MED	34	2,63	2,45	1,1	1	5,8
DIST RH CENT	34	2,67	2,45	1,29	1,1	8,1
DIST RH LAT	34	3,02	2,7	1,76	0,9	10

Tabla 11. Resultados de las mediciones realizadas en las reconstrucciones coronales de TCMD de codo. Las distancias se muestran en mm. Abreviaturas: N: tamaño de la muestra; DST: desviación estándar; MÍN: mínimo; MÁX: máximo; UH: ulnohumeral o cubitohumeral; DIST. UH med: distancia ulnohumeral medial; DIST. UH cent: distancia ulnohumeral central; DIST. UH lat: distancia ulnohumeral lateral. DIST. RH med: distancia radiohumeral medial; DIST. RH cent: distancia radiohumeral central; DIST. RH lat: distancia radiohumeral lateral.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES LESIONES ASOCIADAS A LOS DIFERENTES TIPOS MORFOLOGICOS DE LAS FRACTURAS AISLADAS DE CORONOIDES

En la Tabla 12 se muestra la frecuencia de las diferentes lesiones asociadas a las fracturas aisladas de coronoides en función de la presencia o no de luxación. Se resaltan en rojo el porcentaje de pacientes que cumple las características típicas de los patrones de inestabilidad IPMR y IPLR (teniendo en cuenta que en ningún caso se han incluido en este estudio pacientes que tuvieran fractura de cabeza radial) .

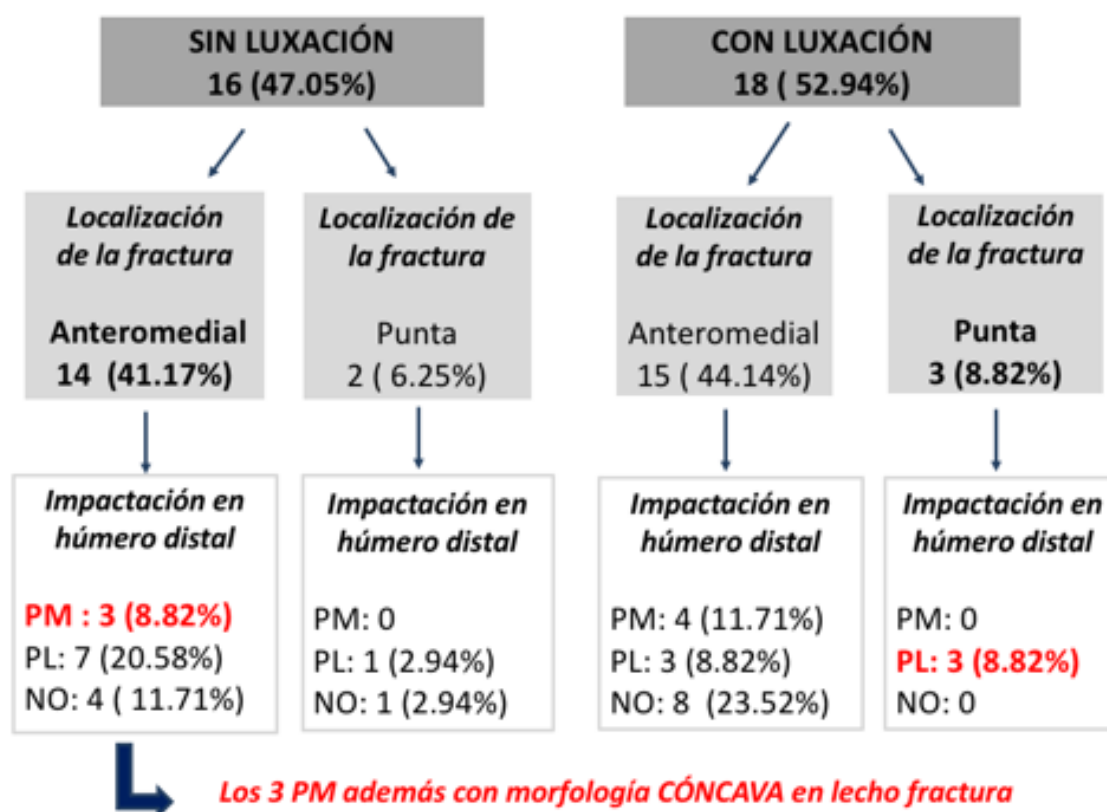


Tabla 12. Esquema de la frecuencia de las lesiones asociadas a las fracturas aisladas de coronoides, en función de la presencia o no de luxación. En rojo se destaca el número de pacientes de nuestra muestra y el porcentaje de los mismos que cumplen las características habituales asociadas al patrón IPMR e IPLR (pero sin fractura de cabeza del radio) . Abreviaturas: PM: impactación posteromedial (cara posterior de la tróclea); PL: impactación posterolateral (cara posterior del cóndilo). NO: Sin lesión por impactación en húmero distal posterior.

En la Tabla 13 se muestra la frecuencia de las diferentes lesiones asociadas a las fracturas aisladas de coronoides de nuestra serie en función del tipo de fractura según la clasificación de O’Driscoll. Se resaltan en rojo el porcentaje de pacientes que cumple las características típicas de los patrones de inestabilidad IPMR y IPLR (sin fractura de cabeza radial).

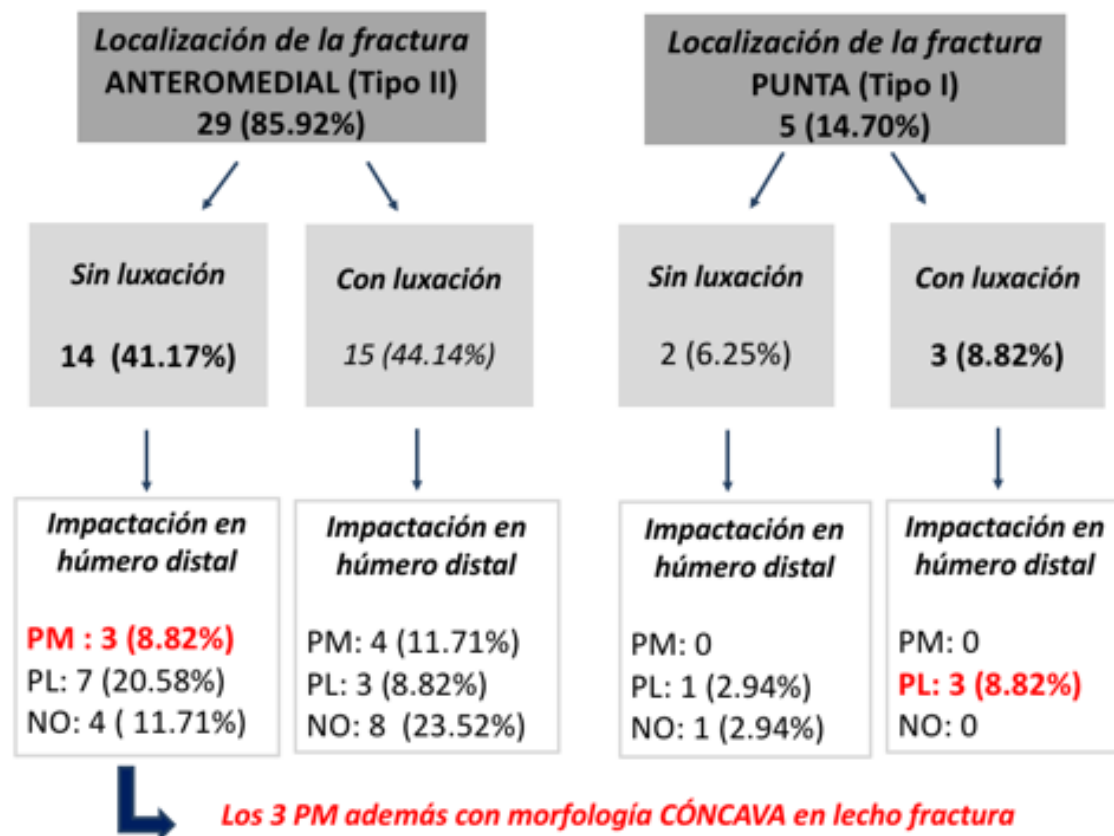


Tabla 13. Esquema de la frecuencia de las lesiones asociadas a las fracturas aisladas de coronoides de nuestra serie, en función de la localización anatómica de la fractura (Tipo de fractura según la Clasificación de O’Driscoll). En rojo se destaca el número de pacientes de nuestra muestra y el porcentaje de los mismos que cumplen las características habituales asociadas al patrón IPMR e IPLR (sin fractura de cabeza radial). Abreviaturas: PM: impactación posteromedial (cara posterior de la tróclea); PL: impactación posterolateral (cara posterior del cóndilo). NO: Sin lesión por impactación en húmero distal posterior.

4.4 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR

4.4.1 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR PARA LAS VARIABLES CUALITATIVAS

Los resultados de concordancia intraobservador (para cada uno de los investigadores) de las variables cualitativas más relevantes se exponen en la Tabla 14.

La concordancia intraobservador (K) del primer observador en sus tres variables cualitativas analizadas (*inclinación de la fractura, inestabilidad sagital e inestabilidad coronal*) fue entre considerable y casi perfecta, con valores estadísticamente significativos.

Para el segundo y tercer observador no se obtuvo ningún valor estadísticamente significativo en el estudio de la concordancia.

1^{er} - 2^o - 3^{er} Observador CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR

<u>1^{er} observador</u>	k	p
Inclinación fractura	0,617	< 0,001
Inestabilidad sagital	0,872	< 0,001
Inestabilidad coronal	0,799	< 0,001

<u>2^o observador</u>	k	p
Inclinación fractura	0,003	0,974

<u>3^{er} observador</u>	k	p
Inclinación fractura	0,121	0,251

Tabla 14. Resultados de concordancia intraobservador de las variables cualitativas para el primer, segundo y tercer observador. Abreviaturas: K: Coeficiente Kappa; p: significación estadística.

4.4.2 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR PARA VARIABLES CUANTITATIVAS

- PRIMER OBSERVADOR

En la Tabla 15 se expone la concordancia intraobservador del primer observador para las variables cuantitativas. Podemos observar la elevada concordancia con valores CCI por encima de 0.75 sobre todo para el *área respetada de coronoides* y también para el *ángulo de inclinación de la fractura*, la *altura del fragmento de coronoides*, la *altura respetada de coronoides* y el *porcentaje de altura del fragmento de coronoides*, todos ellos con valor estadísticamente significativo. El *porcentaje de área de fractura de coronoides* presentó valor de concordancia aceptable (CCI 0.5) también con diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, el estudio de la concordancia del *área de fractura de coronoides* no tuvo valor estadísticamente significativo.

<u>1^{er} Observador</u>	CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR		
	CCI	IC (95%)	p
Área respetada	0.933	0.872 – 0.966	< 0.001
Área fractura	0.07	-0.272 – 0.396	0.345
% Área fractura	0.505	0.205 – 0.718	0.001
Ángulo inclinación	0.834	0.693 – 0.914	< 0.001
Altura fragmento	0.944	0.891 – 0.971	< 0.001
Altura respetada	0.75	0.558 – 0.866	< 0.001
% Altura fragmento	0.867	0.751 – 0.931	< 0.001
Desplazamiento	0.909	0.826 – 0.954	< 0.001

Tabla 15. Resultados de concordancia intraobservador (primer observador) para las variables cuantitativas. Abreviaturas: CCI: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza del 95% de la diferencia de medias; p: significación estadística

- SEGUNDO OBSERVADOR

En la Tabla 16 se expone la concordancia intraobservador del segundo observador para las variables cuantitativas. Podemos observar concordancia aceptable en el *área respetada de coronoides*, el *área de fractura de coronoides*, el *porcentaje de área de fractura de coronoides* y la *altura respetada de coronoides*, todos ellos con significación estadística. El resto de variables no presentó significación estadística.

<u>2º Observador</u>	CONCORDANCIA INTRA OBSERVADOR		
	CCI	IC (95%)	p
Área respetada	0.595	0.3 – 0.783	< 0.001
Área fractura	0.576	0.295 – 0.767	< 0.001
% Área fractura	0.66	0.406 – 0.818	< 0.001
Ángulo inclinación	0.135	-0.197 – 0.448	0.217
Altura fragmento	0.187	-0.185 – 0.508	0.159
Altura respetada	0.538	0.242 – 0.743	0.001
% Altura fragmento	0.225	-0.143 – 0.535	0.113

Tabla 16. Resultados de concordancia intraobservador (segundo observador) para las variables cuantitativas. Abreviaturas: CCI: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza del 95% de la diferencia de medias; p: significación estadística.

- TERCER OBSERVADOR

En la Tabla 17 se expone la concordancia intraobservador del tercer observador para las variables cuantitativas. Podemos observar concordancia elevada en el *área respetada de coronoides* y aceptable en el *porcentaje de área de fractura de coronoides* y en la *altura respetada de coronoides*, y sin embargo pobre en el *ángulo de inclinación de la fractura*, todos ellos con significación estadística. El resto de variables no presentó significación estadística.

<u>3^{er} Observador</u>	CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR		
	CCI	IC (95%)	p
Área respetada	0.794	0.611 – 0.896	< 0.001
Área fractura	0.157	-0.202 – 0.479	0.196
% Área fractura	0.468	0.139 – 0.703	0.004
Ángulo inclinación	0.39	0.051 – 0.654	0.014
Altura fragmento	0.195	-0.144 – 0.504	0.133
Altura respetada	0.648	0.386 – 0.814	< 0.001
% Altura fragmento	0.09	-0.237 – 0.415	0.302

Tabla 17. Resultados de concordancia intraobservador (tercer observador) para las variables cuantitativas. Abreviaturas: CCI: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza del 95% de la diferencia de medias; p: significación estadística

- RESUMEN DE LA CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR PARA LOS 3 OBSERVADORES

En la Tabla 18 se resumen las variables cuantitativas que han presentado acuerdo intraobservador. El *área respetada de coronoides*, el *porcentaje de área de fractura de coronoides* y la *altura respetada de coronoides* presentaron concordancia intraobservador al menos aceptable en los tres observadores. El resto de variables presentaron concordancia aceptable o incluso excelente en alguno de los casos, pero sólo en uno de los observadores, especialmente en el primer observador (el más experimentado).

RESUMEN DE LA CONCORDANCIA INTRAOBSERVADOR PARA LOS 3 OBSERVADORES			
	CONCORDANCIA EN 3 OBSERVADORES	CONCORDANCIA EN 2 OBSERVADORES	CONCORDANCIA EN 1 OBSERVADOR
Área respetada			
Área fractura			(+) 2º OBSERVADOR
% Área fractura			
Ángulo inclinación			(++) 1º OBSERVADOR
Altura fragmento			(++) 1º OBSERVADOR
Altura respetada			
% Altura fragmento			(++) 1º OBSERVADOR
Desplazamiento			(++) 1º OBSERVADOR

Tabla 18. Resumen de las variables cuantitativas que han presentado concordancia intraobservador. El color verde resalta las variables en los que la concordancia intraobservador ha sido aceptable en los tres observadores. El color naranja destaca las variables en las que la concordancia ha sido aceptable (+) o excelente (++) pero sólo en uno de los observadores.

4.5 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR

4.5.1 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR PARA LAS VARIABLES CUALITATIVAS

- ENTRE PRIMER Y SEGUNDO OBSERVADOR

En la Tabla 19 se expone la concordancia interobservador entre el primer y el segundo observador para las variables cualitativas. La *morfología de la coronoides medial* en el lecho de fractura presentó una concordancia aceptable con valor estadísticamente significativo. El estudio de la *inclinación de la fractura* no presentó significación estadística.

- ENTRE PRIMER Y TERCER OBSERVADOR

En la Tabla 19 se expone la concordancia interobservador entre el primer y el tercer observador para las variables cualitativas. De los valores analizados, únicamente la *inestabilidad coronal* presentó una concordancia interobservador aceptable con valor estadísticamente significativo. El estudio de la *inclinación de la fractura* presentó pobre concordancia con valor estadísticamente significativo. El estudio de la *morfología de la coronoides medial* en el lecho de fractura no presentó significación estadística.

- ENTRE SEGUNDO Y TERCER OBSERVADOR

En la Tabla 19 se expone la concordancia interobservador entre el segundo y el tercer observador para las variables cualitativas. Sólo se observó significación estadística en el estudio de la *morfología de la coronoides medial* en el lecho de fractura, que presentó pobres valores de concordancia.

1^{er} - 2^o - 3^{er} Observador CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR

<u>1^{er} - 2^o observadores</u>	k	p
Inclinación fractura	-0.057	0.492
Morfología coronoides medial	0.579	< 0.001

<u>1^{er} - 3^{er} observadores</u>	k	p
Inclinación fractura	0.302	0.006
Morfología coronoides medial	0.268	0.077
Inestabilidad coronal	0.411	0.01

<u>2^o - 3^{er} observadores</u>	k	p
Inclinación fractura	-0.04	0.536
Morfología coronoides medial	0.353	0.022

Tabla 19. Resultados de concordancia interobservador para las variables cualitativas.
Abreviaturas : K: Coeficiente Kappa; p: significación estadística

- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR EN LAS VARIABLES CUALITATIVAS PARA LAS 3 COMBINACIONES DE OBSERVADORES

En el análisis interobservador de las variables cualitativas no se ha identificado ninguna variable que presente acuerdo aceptable en los 3 observadores. Sólo la variable de la *morfología de la coronoides medial* en el lecho de fractura presenta un acuerdo aceptable en dos de las combinaciones posibles (entre el primer - segundo observador y entre el primer – tercer observador).

4.5.2 RESULTADOS DE CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR PARA LAS VARIABLES CUANTITATIVAS

- ENTRE PRIMER Y SEGUNDO OBSERVADOR

Los resultados de la concordancia interobservador (entre primer – segundo observador) para la variables cuantitativas se exponen en la Tabla 20. Se puede observar que todas las variables presentaron significación estadística, siendo aceptable la concordancia entre observadores en el caso del *área respetada de coronoides*, el *área de fractura de coronoides*, el *porcentaje de área de fractura de coronoides*, la *altura respetada de coronoides* y el *porcentaje de altura del fragmento de coronoides*. En el resto de variables la concordancia interobservador fue pobre.

<u>1^{er} – 2^o Observador</u>	CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR		
	CCI	IC (95%)	p
Área respetada	0.658	0.24 – 0.843	< 0.001
Área fractura	0.584	0.002 – 0.828	< 0.001
% Área fractura	0.711	0.406 – 0.86	< 0.001
Ángulo inclinación	0.32	-0.006 – 0.591	0.028
Altura fragmento	0.366	0.047 – 0.624	0.012
Altura respetada	0.705	0.479 – 0.844	< 0.001
% Altura fragmento	0.65	0.337 – 0.823	< 0.001
Desplazamiento	0.467	0.155 – 0.695	0.003

Tabla 20. Resultados de concordancia interobservador (entre primer y segundo observador) para las variables cuantitativas. Abreviaturas: CCI: Coeficiente de Correlación Intraclase; IC: Intervalo de Confianza del 95% de la diferencia de medias; p: significación estadística.

- ENTRE PRIMER Y TERCER OBSERVADOR

En la Tabla 20 se exponen los resultados de la concordancia interobservador (entre primer – tercer observador) para la variables cuantitativas, siendo excelente en el caso *del área respetada de coronoides* y aceptable para el porcentaje de *área de fractura de coronoides*, el *ángulo de inclinación de la fractura*, la *altura respetada de coronoides* y el *porcentaje de altura del fragmento de coronoides*. En el resto de variables la concordancia interobservador fue pobre. En todas las variables hubo significación estadística salvo para el *área fracturada de coronoides*.

<u>1^{er} – 3^{er} Observador</u>	CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR		
	CCI	IC (95%)	p
Área respetada	0.845	0.706 – 0.921	< 0.001
Área fractura	0.195	-0.159 – 0.505	0.139
% Área fractura	0.489	0.185 – 0.71	0.001
Ángulo inclinación	0.601	0.323 – 0.783	< 0.001
Altura fragmento	0.341	-0.002 – 0.614	0.007
Altura respetada	0.559	0.249 – 0.761	< 0.001
% Altura fragmento	0.554	0.164 – 0.775	< 0.001
Desplazamiento	0.589	0.304 – 0.777	< 0.001

Tabla 21. Resultados de concordancia interobservador (entre primer y tercer observador) para las variables cuantitativas. Abreviaturas: CCI: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza del 95% de la diferencia de medias; p: significación estadística.

- ENTRE SEGUNDO Y TERCER OBSERVADOR

Los resultados de la concordancia interobservador (entre segundo – tercer observador) para la variables cuantitativas se exponen en la Tabla 22, siendo aceptable en el caso del *área respetada de coronoides, el porcentaje de área de fractura de coronoides, la altura respetada de coronoides y el porcentaje de altura del fragmento de coronoides*. En el resto de variables la concordancia interobservador fue pobre. Se observó significación estadística en todos los casos salvo para el *área de fractura de coronoides y la altura del fragmento de coronoides*.

<u>2º – 3º Observador</u>		CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR	
	CCI	IC (95%)	p
Área respetada	0.731	0.246 – 0.891	< 0.001
Área fractura	0.185	-0.165 – 0.495	0.15
% Área fractura	0.523	-0.214 – 0.736	0.001
Ángulo inclinación	0.274	-0.044 – 0.553	0.045
Altura fragmento	0.239	-0.111 – 0.538	0.09
Altura respetada	0.502	0.197 – 0.72	0.001
% Altura fragmento	0.469	0.152 – 0.699	0.003
Desplazamiento	0.531	0.235 – 0.739	0.001

Tabla 22. Resultados de concordancia interobservador (entre primer y segundo observador) para las variables cuantitativas. Abreviaturas: CCI: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza del 95% de la diferencia de medias; p: significación estadística.

- RESUMEN DE LA CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR EN LAS VARIABLES CUANTITATIVAS PARA LAS 3 COMBINACIONES DE OBSERVADORES

Como se expone en la Tabla 23, hemos realizado un resumen de la concordancia interobservador con el fin de destacar aquellas variables en las que la fuerza de la concordancia fue aceptable en cada una de las combinaciones estudiadas (1^{er}-2^o observador; 1^{er}-3^{er} observador; 2^o-3^{er} observador). De este modo podemos destacar que la variable de la *altura del fragmento de coronoides* presentó pobre concordancia interobservador en todos los casos, mientras que *la altura respetada de coronoides*, *el porcentaje de área de fractura de coronoides*, *la altura respetada de coronoides* y *el porcentaje de altura de coronoides* presentaron concordancia aceptable en las tres posibles combinaciones entre los observadores.

RESUMEN DE LA CONCORDANCIA INTEROBSERVADOR PARA LAS 3 COMBINACIONES ESTUDIADAS (1^{ER}-2^o; 1^{ER}-3^{ER}; 2^o-3^{ER})

	CONCORDANCIA EN 3 COMBINACIONES	CONCORDANCIA EN 1 COMBINACIÓN	SIN CONCORDANCIA
Área respetada			
Área fractura		1 ^{ER} - 2 ^o OBSERVADOR	
% Área fractura			
Ángulo inclinación		1 ^{ER} -3 ^{ER} OBSERVADOR	
Altura fragmento			
Altura respetada			
% Altura fragmento			
Desplazamiento			

Tabla 23. Resumen de la concordancia interobservador. El color verde destaca las variables con concordancia interobservador aceptable en las 3 combinaciones de observadores. El naranja, en las que sólo se observa concordancia aceptable en una de las 3 combinaciones estudiadas. El rojo destaca la variable en la que no se observó concordancia interobservador aceptable en ninguna de las tres combinaciones posibles.

5.DISCUSIÓN

5.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El primer sistema de clasificación para las fracturas de coronoides fue descrito por Regan y Morrey en 1989 (63) basándose exclusivamente en el análisis de la Rx y en la valoración del porcentaje de coronoides fragmentada en la proyección lateral. Sin embargo, esta clasificación presentaba una limitación muy importante, al tener en cuenta sólo el plano anteroposterior en la morfología de las fracturas y obviar la disposición de las mismas en el plano mediolateral (65). Además de esta limitación, recientemente se ha constatado la escasa sensibilidad diagnóstica de la Rx para la detección de fracturas respecto al TCMD (62%) (31), por lo que las clasificaciones basadas exclusivamente en la Rx no parecen las más adecuadas para su estudio.

Posteriormente, el desarrollo del TCMD con sus reconstrucciones MPR y volumétricas, ha permitido el análisis más detallado de los diferentes tipos de fractura y la aparición de nuevas clasificaciones. De este modo O'Driscoll (24), en el año 2003, describió un nuevo sistema de clasificación que consideraba no solo el plano anteroposterior de la fractura, sino también el mediolateral. Además defendió que las fracturas del proceso coronoides ocurren en el contexto de patrones complejos de inestabilidad, en los que coexisten lesiones ligamentosas y óseas que derivan en una pérdida de la congruencia articular. Así, asoció las fracturas de la porción anteromedial de la coronoides a un patrón específico de inestabilidad denominado IPMR que habitualmente se produce sin luxación articular y que incluye, de manera añadida al fragmento óseo, la lesión tanto de LCCL como de LCMp(24, 62, 74, 75, 77, 82-84).

Más tarde, en 2012, se describió un nuevo sistema de clasificación, propuesto por autores de la Clínica Mayo. En él se identificaban cinco tipos de fractura basándose en la morfología visualizada en proyecciones craneocaudales de las reconstrucciones volumétricas del TCMD(68).

La implicación de los estabilizadores primarios del codo -proceso coronoides del cúbito y complejos ligamentosos medial y lateral(20)- en el patrón de inestabilidad IPMR, ha dado lugar a un intenso debate en cuanto al tratamiento más indicado para garantizar la estabilidad articular(57, 70, 73, 77, 82, 84-87).

Hasta la fecha se ha venido recomendando el tratamiento quirúrgico, ya que O'Driscoll sostiene que la articulación, cuando se ve sometida a cargas en varo, puede dar lugar a artrosis precoz, debido a que la fractura de la coronoides anteromedial conllevaría una subluxación anterior de la tróclea sobre el lecho de la fractura, lesionando así el

cartílago de manera progresiva(24). Sin embargo, aún no está claro cómo evaluar el riesgo de que los pacientes desarrollen finalmente dicha complicación. El tratamiento quirúrgico, consiste en la reparación ligamentosa cuando en las pruebas de imagen se detecta que la fractura es pequeña (<15% o 2,5 mm) -incluso en ausencia de signos radiológicos de inestabilidad (subluxación cubitohumeral)- así como la fijación del fragmento en las fracturas de gran tamaño(61, 62, 66, 70, 74, 77, 87, 88). Recientemente se ha planteado una línea argumental alternativa, sostenida por diversos autores (73, 75, 89, 90), quienes defienden el tratamiento conservador basándose en criterios que atienden entre otros a la estabilidad articular y no al tamaño de la fractura. Por este motivo y teniendo en cuenta que el análisis de imagen de TCMD va a colaborar en la identificación de los diferentes patrones de inestabilidad y que los resultados métricos que de él se obtengan van a condicionar la clasificación de la lesión e influir en el manejo terapéutico, parece necesaria la existencia de un protocolo de análisis de imagen estandarizado y reproducible que aporte medidas fiables y con poca variabilidad intra e interobservador. Sin embargo, debemos destacar que en las clasificaciones basadas en las reconstrucciones MPR, como la de O'Driscoll, no se especifica cómo realizar la reconstrucción de cada plano y no se aportan puntos anatómicos ni ejes en los que basarse para obtener planos reproducibles que eviten la variabilidad en las mediciones(24).

En la búsqueda bibliográfica realizada hemos encontrado trabajos de análisis de TCMD para la articulación glenohumeral o coxofemoral en los que se proponen ejes de referencia para la reproducción de los diferentes planos(91-95). Todos ellos se basan en las peculiaridades anatómicas de las estructuras óseas que componen dichas articulaciones. Para la articulación del codo existe algún estudio que describe cómo obtener la reconstrucción de planos aislados para el análisis de una estructura concreta, como por ejemplo el estudio publicado por Doornberg en 2007, en el que para valorar la vulnerabilidad a la fractura del proceso anteromedial de la coronoides señala estructuras anatómicas de referencia a partir de las cuales se obtienen dos planos sagitales diferentes, que permiten al autor realizar medidas reproducibles de dicha región anatómica(67). Sin embargo, no tenemos conocimiento de la comunicación de trabajos que propongan ejes de referencia basados en puntos anatómicos constantes del codo que permitan la reproducibilidad en los tres planos espaciales y por tanto la realización de medidas fiables de las fracturas en cada uno de ellos.

Para la realización de los estudios de RM de las diferentes articulaciones existe un convenio para la obtención de los diferentes planos basado en la anatomía de cada región. En el caso de la articulación del codo, el estudio se realiza con el codo en extensión y se toma como eje de referencia la línea que une el epicóndilo y la epitroclea del húmero distal, a partir del cual se obtienen los diferentes planos ortogonales(35). En este trabajo nos planteamos la posibilidad de usar ese mismo eje para las reconstrucciones MPR de TCMD de codo, sin embargo la población de nuestro estudio, al estar constituida por pacientes con traumatismo reciente, no permitía en todos los casos la realización de la prueba con la articulación en extensión. De este modo el húmero distal presentaba diferentes grados de flexión respecto al cúbito, siendo esto un impedimento para la obtención de planos constantes de reconstrucción del cúbito, que es en definitiva el hueso fracturado que queríamos analizar. Además si se tenía en cuenta el húmero para realizar medidas sobre el cúbito cabía la posibilidad de que éstas se vieran alteradas por la posible inestabilidad articular que presentan estas lesiones en ocasiones.

Este trabajo surgió de la necesidad de establecer un **protocolo estandarizado de análisis de los estudios de TCMD de codo**, que, basándose en ejes anatómicos referenciados al cúbito, permitiera obtener reconstrucciones MPR constantes y reproducibles para la adecuada interpretación de las fracturas. Además de consensuar la manera de reconstruir los diferentes planos de análisis, se han añadido variables no estudiadas en este tipo de fracturas (como por ejemplo el área de fractura o el área de coronoides respetada), con objeto de estudiar nuevas características de estas fracturas que puedan tener implicación en su pronóstico y manejo terapéutico. De esta manera se pretende:

- Realizar un estudio sistemático de la imagen de TCMD de codo que permita identificar las principales características de las fracturas de coronoides, así como reconocer los patrones morfológicos de inestabilidad implicados en la lesión.
- Conseguir mayor fiabilidad en las diferentes medidas del estudio de la imagen y evitar la variabilidad (tanto por un mismo observador como por diferentes observadores), que podría condicionar cambios en su clasificación y en la conducta terapéutica.

5.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

En este estudio tres observadores independientes han analizado las imágenes de TCMD de codo de 34 pacientes con fractura aislada de coronoides. Para el estudio de las imágenes se elaboró un protocolo definitivo de análisis de TCMD de codo, que ha sido descrito de manera detallada en el apartado de material y métodos. (Tablas 3-7). Este protocolo definitivo surgió a partir del desarrollo de un **protocolo preliminar** más sencillo, basado en la reconstrucción MPR a partir de una única estructura anatómica de referencia del cúbito, que es visible de manera constante en todos los estudios:

Como se puede ver en la Figura 37, el cúbito proximal, observado desde una proyección cráneo-caudal (axial), presenta en su faceta posterior una superficie convexa que, visualizada en sagital, tiene una superficie cortical plana (“flat spot”) que, por su constancia y su fácil detección en todos los estudios analizados, se tomó como punto anatómico de referencia para la elaboración de las reconstrucciones MPR.

Los planos axial, sagital y coronal se reconstruyeron de manera que fueran perpendiculares entre sí, utilizando esta superficie plana de la cortical posterior del cúbito como referencia para la orientación de los planos de corte.

Los parámetros analizados a partir del protocolo preliminar eran los mismos que los del protocolo definitivo (Tablas 3-7).

Las mediciones con el protocolo preliminar fueron realizadas en dos tiempos distintos (con un intervalo de tres meses) por un radiólogo especialista en patología osteoarticular, así como por dos alumnos del último año del Grado de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.

Todos los resultados se almacenaron en una base de datos tipo Excell, y se recogieron fotos de las medidas en cada plano para cada uno de los TCMD de codo analizados.

Una vez terminadas todas las mediciones con este protocolo preliminar, se llevó a cabo el análisis de las imágenes obtenidas. En este análisis se observó que existía una diferencia importante en la reconstrucción de los planos hecha por cada uno de los investigadores del estudio, debido a lo cual se decidió no realizar el análisis estadístico de dichos valores, y estudiar las causas de esta variabilidad entre planos.

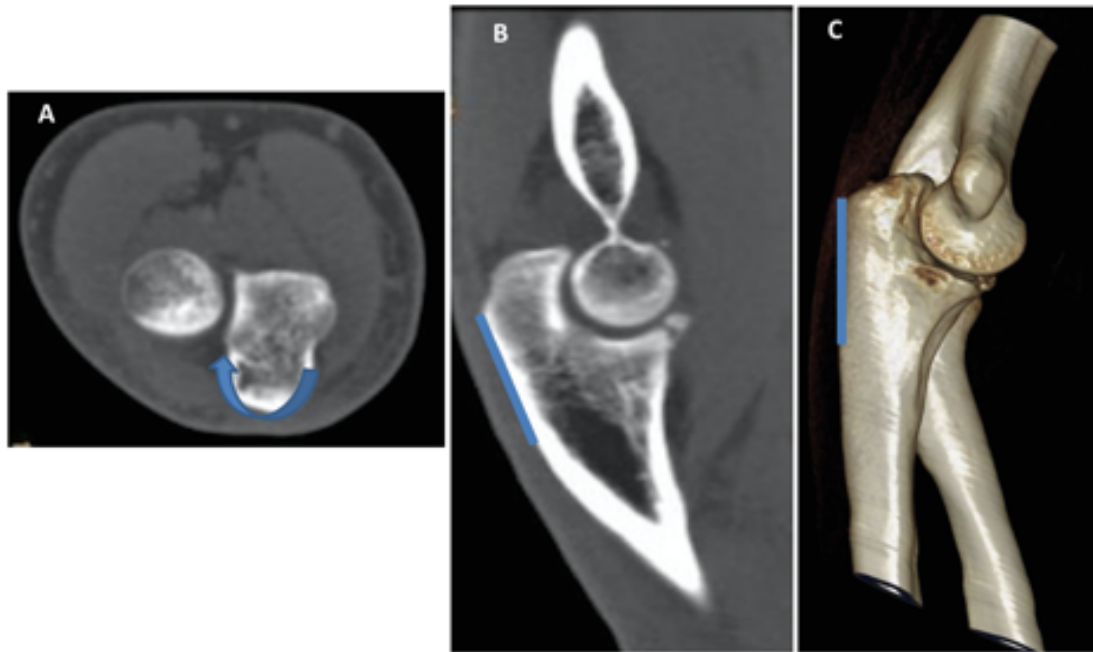


Figura 37. Reconstrucciones axial, sagital y volumétrica de TCMD codo con representación esquemática de la superficie cortical posterior plana del cúbito proximal (olecranon) (“flat spot”). **A.**Sección axial de TC codo donde se visualiza el cúbito proximal con una superficie cortical posterior convexa. **B.**Sección sagital del cúbito proximal donde se visualiza la superficie cortical posterior de morfología plana. **C.**Reconstrucción 3D del codo. Visión lateral donde se observa la superficie cortical posterior plana del cúbito proximal.

Con la intención de mejorar la reproducibilidad de este método se elaboró un **protocolo definitivo de análisis de imagen de TCMD**, con las siguientes consideraciones:

- Se añaden nuevos ejes anatómicos de referencia, que permitan reconstrucciones MPR homogéneas, todos ellos basados en estructuras anatómicas del cúbito, con el fin de:
 - Evitar la variabilidad que pueda derivarse de los diferentes grados de flexión del codo.
 - Evitar posibles alteraciones en la alineación de los ejes, secundarias a las subluxaciones articulares que pueden darse en este tipo de fracturas.
- Los nuevos ejes, añadidos al ya descrito anteriormente en el protocolo preliminar, son:
 - Eje longitudinal que sigue la angulación en varo de la porción proximal.
 - Eje que atraviesa la base de la coronoides y que sirve de referencia para valorar el componente rotacional de la fractura.

Para la definición de este último eje se revisaron los TCMD con el fin de detectar dos estructuras anatómicas de referencia reproducibles. De este modo se identificaron dos puntos anatómicos constantes en el plano axial para la definición del eje de la base de la coronoides:

1. pared posterior del tubérculo sublime
2. pared posterior de la cavidad sigmoidea menor (que coincide con el suelo de la escotadura sigmoidea mayor).

Además, con la intención de valorar la relación que presentaba este eje de la base de la coronoides con el eje interepicóndileo de rotación del codo (línea recta imaginaria que va del centro de rotación del epicóndilo al margen anteroinferior de la epitroclea)(3), se decidió realizar un estudio sobre piezas anatómicas de codo de cadáveres que facilitó la facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid. Para ello se colocó una aguja en la pieza anatómica pasando por el eje de la base de la coronoides que hemos definido en este trabajo (desde el borde posterior de la escotadura sigmoidea menor hasta el borde posterior del tubérculo sublime) y otra aguja pasando por el eje de rotación del codo entre epicóndilo y epitroclea (tal y como se puede ver en la Figura 38). A continuación se realizó Rx AP y L y TCMD en

extensión y flexión de 90° en cada pieza (Figuras 39, 40 , 41). Como puede apreciarse en las figuras 38-41, ambos ejes son paralelos y por tanto podemos considerar que el eje de la base de la coronoides que proponemos en este trabajo es equivalente al eje de rotación del codo y por tanto queda validado como eje de referencia.

- Se establece un consenso por el cual quedan definidos los ejes que participarán en la reconstrucción de cada uno de los planos.
- Se decide el corte de cada plano en el que se realizarán las diferentes medidas.



Figura 38. Fotografía de piezas anatómica de codo de cadáver. *A.*Codo en flexión de 90° que muestra la equivalencia del eje interepicondileo y el eje de la base de la coronoides. *B.*Visión lateral de codo en 90° de flexión donde se identifica la aguja superior en el centro del epicóndilo y la aguja inferior inmediatamente posterior a la escotadura sigmoidea menor. *C.*Visión medial de codo en 90° de flexión donde se

identifica la aguja superior en el margen anteroinferior de la epitróclea y la aguja inferior inmediatamente posterior al T. Sublime.

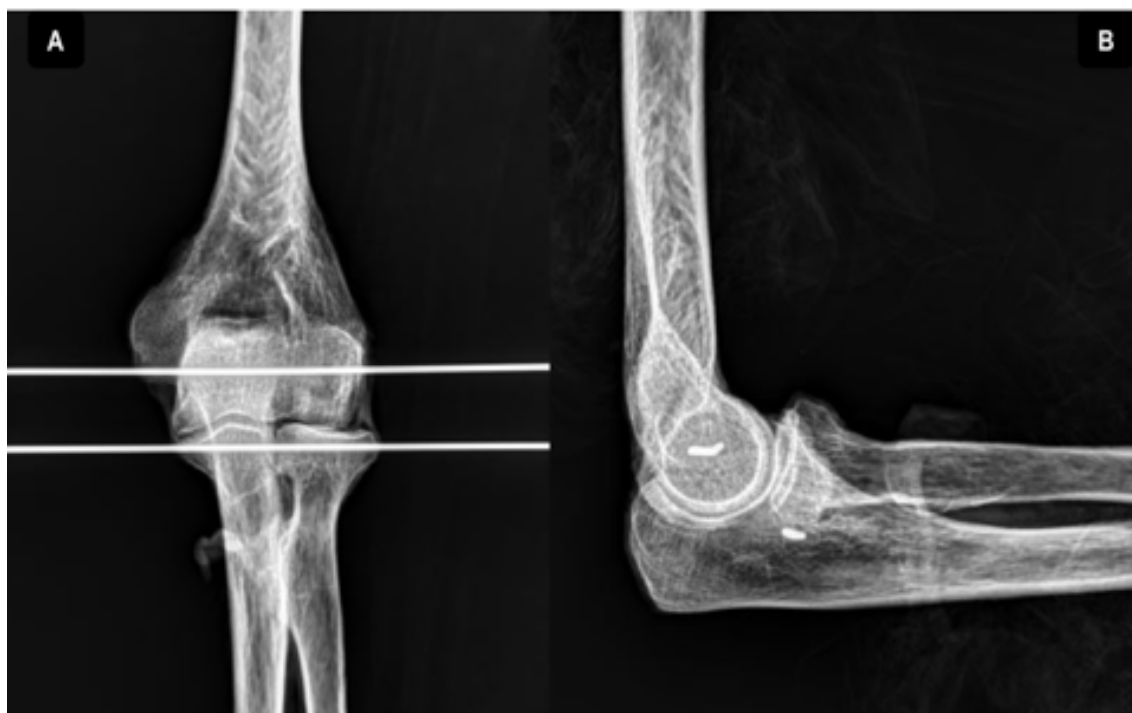


Figura 39. Radiografías de codo de las piezas anatómicas con agujas que atraviesan el eje interepicondileo y el eje de la base de la coronoides **A.** Radiografía AP en extensión **B.** Radiografía lateral en flexión de 90°. En ambas (A y B) se observa el paralelismo entre ambas agujas que refleja la equivalencia del eje interepicondileo de rotación del codo con el eje de la base de la coronoides.

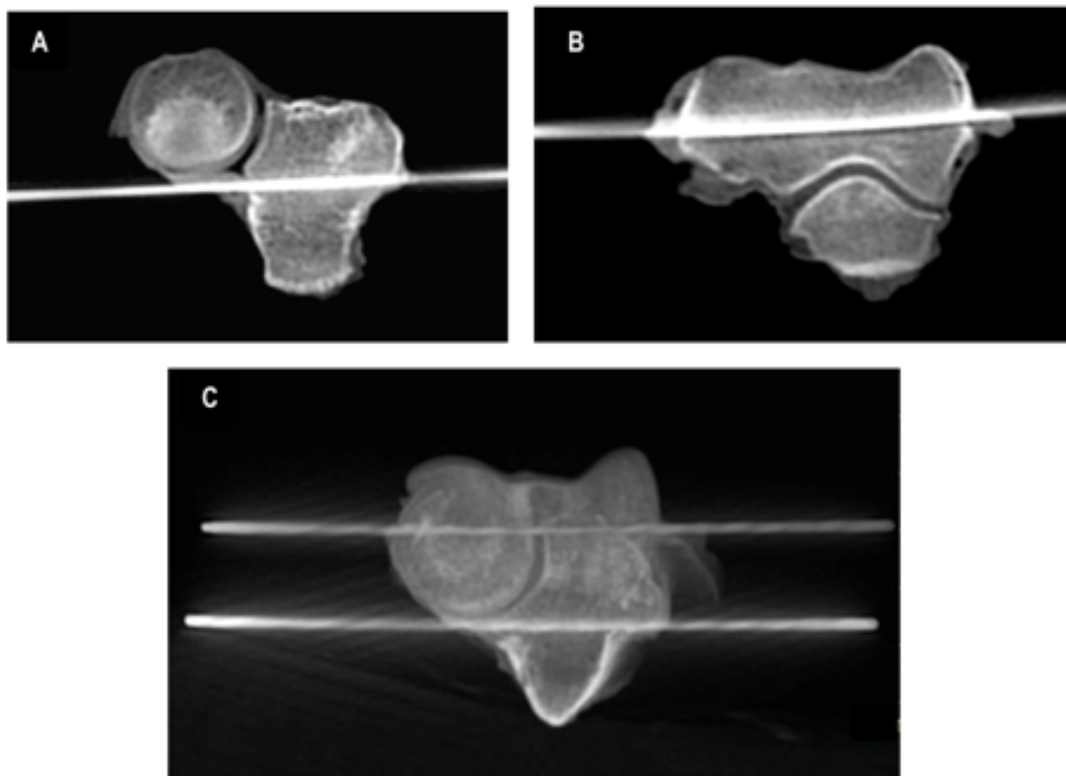


Figura 40. TCMD de pieza anatómica de codo de cadáver con agujas. **A.**Corte axial donde observa aguja que atraviesa el eje de la base de la coronoides descrito en este trabajo. **B.**Corte axial a nivel del cúbito donde se observa aguja que atraviesa el eje interpicondileo de rotación del codo. **C.**Reconstrucción VIP (“Volume Intensity Projection) en visión craneocaudal donde se observa el paralelismo que refleja la equivalencia entre ambos ejes.

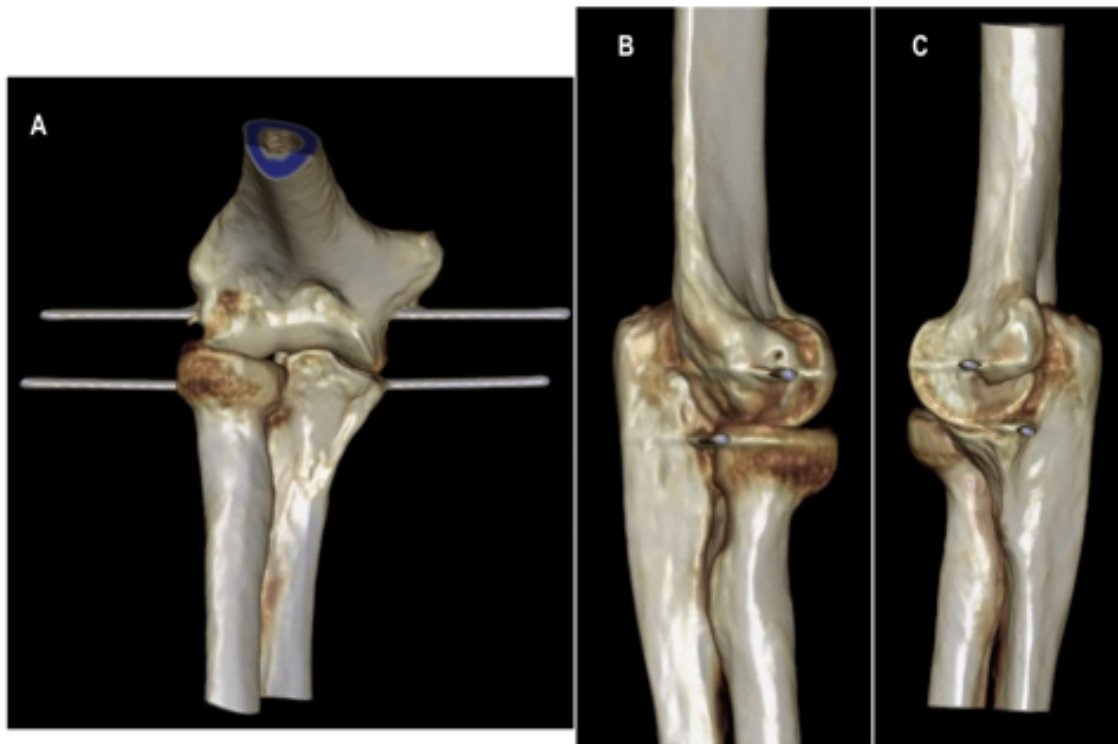


Figura 41. Reconstrucción volumétrica de TCMD de pieza anatómica de codo de cadáver que muestra la equivalencia del eje interepicondileo y el eje de la base de la coronoides. **A.** Visión anteroposterior con codo en flexión **B.** Visión lateral de codo en extensión donde se identifica la aguja superior en el centro del epicóndilo y la aguja inferior inmediatamente posterior a la escotadura sigmoidea menor. **C.** Visión medial de codo en extensión donde se identifica la aguja superior en el margen anteroinferior de la epitroclea y la aguja inferior inmediatamente posterior al T. Sublime.

De esta manera, se obtuvo el protocolo definitivo de análisis de TCMD de codo en pacientes con fractura aislada de coronoides, con el objetivo de valorar su reproducibilidad. Todos los resultados expuestos en este trabajo se obtuvieron de los datos proporcionados por el análisis de imágenes de los TCMD de codo realizado con el protocolo definitivo.

En la Figura 42 se representa un esquema que permite la mejor comprensión de la evolución del protocolo de análisis de imagen en este trabajo de investigación, así como de los observadores que participaron y los tiempos en los que realizaron las mediciones.



Figura 42. Diagrama de flujo en el que se representa el protocolo preliminar que dio lugar al protocolo definitivo con el que se obtuvieron todos los resultados presentados en este trabajo. Se expone también el número de observadores que participaron en el proyecto y el intervalo de tiempo en el que se realizaron las mediciones.

5.3 DISCUSIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La población de la muestra de este estudio está formada por **34 pacientes con fractura aislada de la coronoides** como única lesión ósea evidente en el TCMD.

Lo más habitual es encontrar esta lesión asociada a fracturas de cabeza radial o a conminución del cúbito proximal, tras luxación de codo(3, 24, 62, 63, 65, 96). A pesar de ello, en la literatura científica podemos encontrar algunas series como la nuestra, que presentan fractura aislada de coronoides con un número significativo de pacientes. Este es el caso de las dos series presentadas por Adams en 2009 y en 20013 en las que la población del estudio estaba constituida por 103 y 52 pacientes respectivamente(66, 68).

Como expuso O'Driscoll en 2003, en la coronoides podemos identificar tres regiones anatómicas distintas (punta, anteromedial y base) cuya fractura se asocia con un patrón de inestabilidad complejo diferente. De este modo señaló que las fractura del proceso anteromedial (tipo II) se producían por un mecanismo de carga en varo con componente de rotación posteromedial, dando lugar a lesión del LCCL, LCMp y las asoció a un patrón de inestabilidad tipo IPMR(24). En nuestro estudio existe una amplia representación de este tipo de fractura (coronoides anteromedial o Tipo II de O'Driscoll) que se ha identificado en 29 de los 34 pacientes, siendo una de las series más amplia publicada hasta la fecha(75, 77, 86). Como ya hemos comentado anteriormente el tipo de tratamiento (conservador o quirúrgico) en estos pacientes es foco de intenso debate en la actualidad y, entre otras razones, creemos que la baja prevalencia de esta fracturas (Tipo II de O'Driscoll) hace que las guías de tratamiento descritas se fundamenten en estudios biomecánicos con reproducción de las lesiones en cadáveres(70) o bien en recomendaciones de autores basadas en la experiencia de trabajos con un pequeño tamaño muestral. Este es el caso de las series de Ring en 2007 y Rhyou en 2012 (con 18 pacientes cada uno), y recientemente la de Chan en 2016 (serie con 10 pacientes)(75, 77, 86).

La distribución por *sexos* en la población de nuestro estudio fue del 58.8% para varones y del 41% mujeres, con una *edad* media de 42.75 años. En cuanto a la *lateralidad*, el codo más frecuentemente afectado fue el izquierdo (55.8%) y aunque en 5 pacientes no pudimos confirmar la *dominancia* (14.7%), el grupo de pacientes con afectación del codo dominante (35.3%) fue menor que el del lado no dominante (50%). Estos datos

son similares a los descritos anteriormente en publicaciones con fracturas aisladas de coronoides, en cuyas muestras generalmente predominan los varones y la afectación del codo izquierdo, variando la edad media entre los 39 y los 49 años(66, 75, 77).

En cuanto a la presencia de ***luxación articular*** en el momento del traumatismo, ésta se produjo en 18 de los casos (52.94%). Por tanto cabe destacar que sólo en 16 de las fracturas de coronoides anteromediales de nuestra serie se cumplió la característica del patrón IPMR que está descrito por O'Driscoll como un mecanismo lesional habitualmente sin luxación(24).

En el 82.3% de los pacientes de nuestra serie se realizó ***tratamiento*** conservador, en la línea de la corriente descrita en los últimos años por varios autores, que lo defienden incluso para el tipo II subtipo 2 y 3 de O'Driscoll. Los requisitos que señalan estos autores para poder evitar la cirugía son la ausencia subluxación articular y la preservación del tubérculo sublime (que garantiza el correcto anclaje de LCMA)(73, 75). Sin embargo, de manera opuesta a esta corriente existen varias publicaciones que defienden el tratamiento quirúrgico en caso de fragmentos grandes de coronoides (Tipos II y III Regan y Morrey y Tipo I subtipo 2 y tipo II subtipo 2 y 3 de O'Driscoll)(61, 62, 66, 70, 85, 86).

5.4 DISCUSIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DE LAS FRACTURAS

Tanto los sistemas de clasificación de Regan y Morrey(63) como el de O'Driscoll(24) han sido ampliamente utilizados y han servido como guía para el manejo terapéutico de las fracturas de coronoides. En este trabajo hemos clasificado las fracturas basándonos en las reconstrucciones MPR y volumétricas del TCMD por lo se empleó la **clasificación de O'Driscoll**. En nuestra muestra de 34 pacientes con fractura de coronoides aislada, 5 pacientes presentaron una fractura de la punta de la coronoides (14.70%) (Tipo I subtipo 2) y 29 pacientes presentaron fracturas clasificadas como anteromediales (85.29%) (subtipo II de O'Driscoll) . Dentro del Tipo II, el subtipo más frecuente fue el subtipo 2 que fue identificado en 24 pacientes (70.58%). En 4 pacientes (11.76%) se describió el Tipo II subtipo 3 de O'Driscoll y en 1 paciente el Tipo II subtipo 1 (2.94%). En este sentido la distribución de los tipos y subtipos en la población de este trabajo coincide con la publicada por otros autores en los que predomina la localización anteromedial de las fracturas sobre la punta. Dentro de las anteromediales el Tipo II subtipo 1 suele ser minoritario y la mayoría de los pacientes presentan un Tipo II subtipo 2(75, 77, 85).

Teniendo en cuenta que la localización anteromedial de la fractura de coronoides es la base para que se asocie a estas fracturas con un patrón de inestabilidad compleja tipo IPMR,(24) se decidió establecer un eje de referencia a partir del cual valorar la **inclinación de la fractura**, ya que, para que exista una localización medial de la fractura, el plano debe estar inclinado medialmente (de otra manera, la fractura se localizaría en la punta o en la porción anterolateral). Este eje de referencia, para ser representativo, debería ser paralelo al eje de la articulación del codo (o eje interepicondíleo). En las publicaciones revisadas al respecto no hemos encontrado ningún punto o eje de referencia que permita calificar ni cuantificar la inclinación de las fracturas de coronoides. Finalmente escogimos para este propósito el eje que atraviesa la base de la coronoides en el plano axial, definiéndolo como una línea que se extiende desde el borde posterior del tubérculo sublime hasta el borde posterior de la escotadura sigmoidea menor (ambas referencias fácilmente reconocibles en el plano axial del TCMD). Tal y como se ha explicado en el apartado de justificación de la metodología del estudio, este eje fue testado posteriormente en cadáveres para comprobar su

paralelismo con el eje interepicondileo humeral y por tanto su equivalencia con el de rotación del codo (Figuras 38-41), quedando así validado para el propósito establecido. En la mayoría de los casos de nuestra muestra (30 pacientes, que suponen un 88.2% del total) se observó que el lecho de la fractura presentaba una inclinación anteromedial respecto al eje de la base de la coronoides, mientras que sólo en 4 casos fue neutra. (11.8%)

También se ha medido de manera cuantitativa el *ángulo de inclinación de la fractura* respecto al eje de la coronoides con la intención de que un punto de corte en la angulación del plano de fractura pudiese discriminar fracturas anteromediales de fracturas de la punta. Sin embargo, el mecanismo de fractura que produce el impacto de la tróclea sobre la coronoides deja en muchos casos una morfología cóncava en el lecho de fractura, con punto de entrada prominente en la porción medial del trazo de fractura que repercute en el resultado final de la medición de la angulación. Por este motivo se detectó en ocasiones la presencia de fracturas de localización anteromedial con muy pocos grados de angulación con respecto al eje de la base de la coronoides, por lo que la medición de este ángulo finalmente no nos resultó útil desde el punto de vista clínico ya que no era capaz de representar la locación de la fractura en la coronoides, al contrario de lo que postulamos en un principio.

El sistema de clasificación propuesto por la Clínica Mayo en 2012 incorpora el sentido anterolateral de inclinación de la fractura(68), no descrito hasta entonces, pero lo asocia de manera constante a la fractura de cabeza de radio. Teniendo en cuenta que la población de nuestra serie presenta sólo fracturas de coronoides sin afectar a la cabeza del radio era esperable que no identificásemos ninguna fractura anterolateral en nuestra muestra.

En cuanto a la *relación de la fractura con el tubérculo sublime*, el 11.76 % de los pacientes de nuestra serie presentó un trazo de fractura que afectaba más de la mitad anterior del tubérculo sublime y por tanto correspondían al tipo II subtipo 3 de O'Driscoll(24). Sin embargo en referencia a las fracturas tipo II subtipo 2 no hemos encontrado publicaciones que distingan aquellas fracturas que alcanzan el borde anterior del tubérculo sublime de las que quedan alejadas del mismo. Nos parece interesante incorporar esta medida cualitativa que tiene el valor de aportar información sobre la localización de la fractura y el alcance del trazo de la fractura en el plano mediolateral,

no sólo en plano anteroposterior ya que es un dato que va a influir en la clasificación de la fractura y por tanto en su posible asociación con los diferentes patrones de inestabilidad compleja.

La *morfología de la coronoides medial en el lecho de fractura* presentó una morfología cóncava en 18 casos (52.9%) mientras que fue neutra en 14 (41.2%). Sólo en 2 pacientes se identificó una morfología convexa del lecho de fractura de la porción anteromedial. O' Driscoll sostiene que en el mecanismo de producción de este tipo de fracturas se observa impactación de la tróclea sobre la coronoides anteromedial haciendo que la morfología habitual del lecho de fractura sea cóncava, y así lo representa en su sistema de clasificación(24). Sin embargo los resultados de nuestra serie descartan que la morfología cóncava en el lecho de las fracturas de coronoides anteromediales sea una constante.

Desconocemos la existencia de publicaciones que hayan valorado el lecho de fractura del proceso anteromedial de la coronoides. En nuestra serie, para evitar posibles diferencias en los tres subtipos de las fracturas anteromediales hemos preferido valorar la morfología de la coronoides no fracturada (lecho de fractura) exclusivamente en la porción anteromedial del trazo de fractura.

La valoración subjetiva de la *inestabilidad* en el plano sagital (cubitohumeral) resultó negativa en 29 pacientes (85.3%) mientras que se identificó inestabilidad en forma de subluxación en 5 pacientes (14.7%), todos ellos con un aumento de la distancia ulnohumeral o cubitohumeral (en concordancia con el “drop sign” descrito en la Rx lateral)(25).

En cuanto a la valoración de la estabilidad en el plano coronal, resultó negativa en 27 pacientes (79.4%) mientras que se identificó inestabilidad en forma de subluxación en 7 pacientes (20.6%) (con aumento de la distancia radiohumeral en su vertiente más lateral). Varios autores han resaltado la importancia de la valoración de la estabilidad articular a la hora de elegir el posible tratamiento de la fractura de coronoides anteromedial. Para la valoración de la estabilidad articular recurren a pruebas radiográficas y reconstrucciones de TCMD que complementan con la realización de “test de estrés en varo” bajo fluoroscopia en el caso de la IPMR (61, 73, 75, 89), sin embargo no dejan constancia de la prevalencia de inestabilidad articular que detectaron en sus series.

En nuestra serie la fractura de coronoides aislada se asoció a ***lesión por impactación en cara posterior del cóndilo (posterolateral)*** en 14 pacientes (41.2%) mientras que en 7 pacientes (20.6%) fue en la ***cara posterior de la tróclea (posteromedial)***. En este sentido, podemos decir que las lesiones por impactación asociadas a las fracturas aisladas de coronoides son relativamente frecuentes, sin embargo a pesar de que en el mecanismo de producción de las fracturas anteromediales -que han sido asociadas al patrón de inestabilidad IPMR(24)- se describe siempre una impactación de la tróclea posterior sobre la coronoides, no hemos identificado dicha impactación en la mayoría de los pacientes de nuestra serie y sin embargo hemos constatado impactaciones posterolaterales.

Se ha publicado alguna serie con un número mayor de fracturas aisladas de la porción anteromedial de la coronoides asociadas a impactación en tróclea posterior (48%)(97). Este resultado es posible que se deba al que el método de detección utilizado en este trabajo fue la RM, que presenta mayor sensibilidad diagnóstica al edema por contusión.

El primer parámetro cuantitativo de imagen utilizado para valorar la extensión del hueso fracturado fue el ***porcentaje de coronoides fracturada*** -en el que se basaba la clasificación de Regan y Morrey de 1989-(63). Posteriormente la clasificación de O'Driscoll introdujo la ***altura del fragmento de coronoides*** además de señalar la importancia de la localización anatómica de la fractura y su asociación con patrones complejos de inestabilidad(24). Finalmente, la clasificación de 2012 del grupo de autores de la Clínica Mayo, utiliza de nuevo la altura del fragmento además de la descripción anatómica de la fractura según su orientación(68). Es por ello que todos los estudios publicados hasta la fecha sobre las fracturas de coronoides hacen referencia a estos parámetros de imagen(62, 66, 68, 70, 74, 75, 77, 85). Sin embargo, cabe destacar que en ninguno de ellos se menciona cómo se han hecho esas medidas ni en que plano de visualización del TCMD han sido realizadas. Como excepción, en la serie publicada por Chan en el 2016(75) se describe que la altura del fragmento se ha realizado obteniendo el diámetro anteroposterior del fragmento en un corte axial puro del cúbito y reconoce que puede haber variabilidad en las medidas de los TCMD sobre todo en los casos de fracturas conminutas de las coronoides, sin embargo no estudia esa posible variabilidad intra ni interobservador. Nuestra muestra presenta una altura media del fragmento coronoides medida en el plano sagital de 6.33 mm y por tanto está en torno a

la media de otras publicaciones, como lo 5 mm para los Tipo II subtipo 2 en la serie de Chan(75) , 5.3 mm para la de Sormaala(31) y 7.5 mm para los Tipo II subtipo 2 en la serie de Rhyou(77). En nuestro trabajo, a diferencia de lo realizado por Chan(75) se decidió elegir el plano sagital para la valoración de la altura del fragmento, ya que en general en nuestra serie los fragmentos de la coronoides desprendida presentaban una angulación inferior, por lo que no era posible obtener una medida certera de la porción de hueso subcondral fracturado en un solo corte axial. La media del porcentaje de altura del fragmento resultó 34.9% con un rango entre el 20% y el 58%. En nuestro trabajo, para poder calcular el porcentaje de altura del fragmento, se marcó un punto de referencia en el plano sagital perpendicular al eje cortical posterior del cúbito (“flat spot”) que coincide con el punto más profundo y posterior de la escotadura sigmoidea mayor en su vertiente cubital. A partir de este punto podíamos medir la porción de coronoides respetada **-altura respetada de coronoides-** y la de coronoides fracturada (*altura del fragmento de coronoides*). Sin embargo sólo en alguno de los trabajos publicados que hacen referencia al porcentaje de altura hemos encontrado cuál es el punto de referencia anatómico que se ha utilizado como límite posterior o base de la coronoides. Este es el caso de la publicación de Beingessner en 2007(62), que utilizó como referencia el “bare area” o “área desnuda” de cartílago entre coronoides y olecranon en piezas anatómicas de cadáveres para poder hacer sus ensayos biomecánicos sobre el porcentaje de altura fracturado. Lamentablemente es necesario el contraste intraarticular (Arthro-TC)(45, 98) para poder identificar correctamente el cartílago articular y no es posible hacerlo de un modo fiable en los estudios de TCMD sin contraste intraarticular por lo que parece más conveniente establecer estructuras óseas como punto de referencia en vez de el cartílago.

Otro de los factores que algunos autores tienen en cuenta como dato destacable de este tipo de fracturas ha sido el **desplazamiento de la fractura de coronoides**(73, 75). En nuestra serie la media del desplazamiento de las fracturas ha sido de 3.18 mm, con un rango entre 0.8 y 8.9 mm. Estos autores en general consideran el tratamiento quirúrgico en fracturas mínimamente desplazadas (además del cumplimiento de otros criterios), pero, aunque la media del desplazamiento en una de las series publicadas es similar a la nuestra, no señalan ningún punto de corte a partir del cuál considerar el tratamiento quirúrgico. Estos autores basan su argumentación sobre el desplazamiento de los fragmentos en que en los estudios biomecánicos con piezas anatómicas de cadáveres que reproducen esta patología, el fragmento óseo se extrae(70) y por tanto simularían

fracturas muy desplazadas obviando el efecto de la cicatrización de las partes blandas, que ayudaría a estabilizar fragmentos levemente desplazados(73).

En este trabajo hemos querido introducir el estudio por imagen de nuevas variables cualitativas y cuantitativas no utilizadas anteriormente para el análisis de este tipo de fracturas, con el fin de valorar su utilidad y reproducibilidad en las mediciones. Algunas de estas variables se evaluaron en el plano axial y tienen relación con el estudio del área como son el *área del fragmento de coronoides*, el *área respetada de coronoides* y el *porcentaje de área fracturada de coronoides*. Durante el proceso de realización de las mediciones fuimos conscientes de que el área de fractura, a diferencia del área respetada, era un parámetro difícil de evaluar en el plano axial, debido a que el desplazamiento e inclinación de los fragmentos no permitía medir en un solo corte la totalidad de la superficie subcondral fracturada.

En la mayoría de los trabajos publicados, la inestabilidad articular de estas fracturas, se valora de manera subjetiva en las pruebas de imagen(61, 73, 75, 89), por este motivo, en las reconstrucciones sagitales y coroneales se introdujo la variable cuantitativa de la *Inestabilidad sagital* (cubitohumeral) e *Inestabilidad coronal* (radiohumeral y cubitohumeral) con el fin de poder obtener un resultado objetivo de la subluxación articular. En este sentido vemos en los resultados obtenidos cómo la distancia articular cubitohumeral en el plano sagital, cuya homogeneidad refleja la congruencia articular, presenta valores crecientes desde su vertiente anterior hasta su vertiente posterior, lo que muestra que en estas fracturas la subluxación articular sigue siempre un mismo patrón de subluxación que consiste en la impactación de la tróclea sobre la coronoides, es decir en el margen anterior de la articulación, con un aumento progresivo del espacio articular hacia el margen posterior. Del mismo modo hemos podido constatar cómo la distancia articular cubitohumeral y radiohumeral en el plano coronal presenta valores crecientes desde la vertiente medial de la articulación hasta la vertiente lateral, lo que refleja un patrón de subluxación con impactación de la tróclea sobre la coronoides medial, es decir en el margen medial de la articulación, con un aumento progresivo del espacio articular hacia el margen lateral.

5.5 DISCUSIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DE LAS LESIONES ASOCIADAS A LOS DIFERENTES TIPOS MORFOLÓGICOS DE LAS FRACTURAS AISLADAS DE CORONOIDES

Como ya hemos mencionado anteriormente, O'Driscoll en 2003 propuso un nuevo sistema de clasificación de las fracturas de coronoides, que por primera vez asociaba la localización de estas fracturas con un tipo de inestabilidad compleja concreto. Así, asoció las fracturas de punta de coronoides con el patrón IPLR, las fracturas anteromediales de coronoides con IPMR y las fracturas basales de coronoides con el patrón ITO, de tal modo que conociendo el mecanismo de lesión se podía preveer el tipo de lesiones óseas y lesiones ligamentosas, así como el tratamiento necesario(24).

Posteriormente Doornberg en 2006 comprobó esta teoría en un estudio con 67 fracturas de coronoides operadas, demostrando una fuerte asociación entre la localización de la fractura de coronoides comprobada en la cirugía y los distintos patrones de inestabilidad(96). Más tarde, en 2014, Mellema, encontró de nuevo una importante asociación entre las fracturas de coronoides y determinados tipos de inestabilidad en un estudio con 110 fracturas de coronoides, en las que a través del análisis cuantitativo en las reconstrucciones 3D del TCMD, reconstruía la línea de fractura en mapas 2D para ver los trazos de fractura más frecuentes en cada patrón de inestabilidad(56). De este modo, en la mayoría de los trabajos publicados hasta la fecha se reconoce esta asociación entre la fractura de coronoides anteromedial y el patrón de inestabilidad IPMR y se ha indicado el tratamiento quirúrgico de manera habitual con el fin de evitar el desarrollo de artrosis secundario a la inestabilidad articular(5, 53, 61, 65, 73-75, 77, 83, 85, 86, 89, 90, 99).

En nuestra serie presentamos 34 fracturas aisladas de coronoides de las cuales en 5 casos (14.7%) se identificó fractura de la punta (Tipo I subtipo 2 de O'Driscoll) y en 29 casos (85.29%) de la porción anteromedial.

Sin embargo en nuestra serie (Tabla 13), la mayoría de los pacientes con fractura anteromedial no cumplen las características típicas que describió O'Driscoll al asociarlas al patrón IPMR. Según este autor las fracturas de coronoides relacionadas con el patrón IPMR son de localización anteromedial y habitualmente no asocian luxación, tienen un lecho de fractura de morfología cóncava y presentan fractura por impactación en cóndilo posteromedial (tróclea posterior)(24).

Si analizamos a los pacientes de nuestra muestra atendiendo a la presencia o no de luxación (Tabla 12), llama la atención la identificación de fractura anteromedial de coronoides en 15 de los pacientes (44.14%) a pesar de haber asociado una luxación de codo, a diferencia de lo publicado por O'Driscoll(24). (En la Figura 42 mostramos las imágenes del TCMD del codo de un paciente de nuestra muestra con fractura-luxación de coronoides que afecta a la porción anteromedial). Algunos de ellos (8.8%) asocian lesiones por impactación en cóndilo humeral posterior por parte de la cabeza del radio, representando mecanismos de lesión posterolateral, pero con fractura de localización anteromedial.

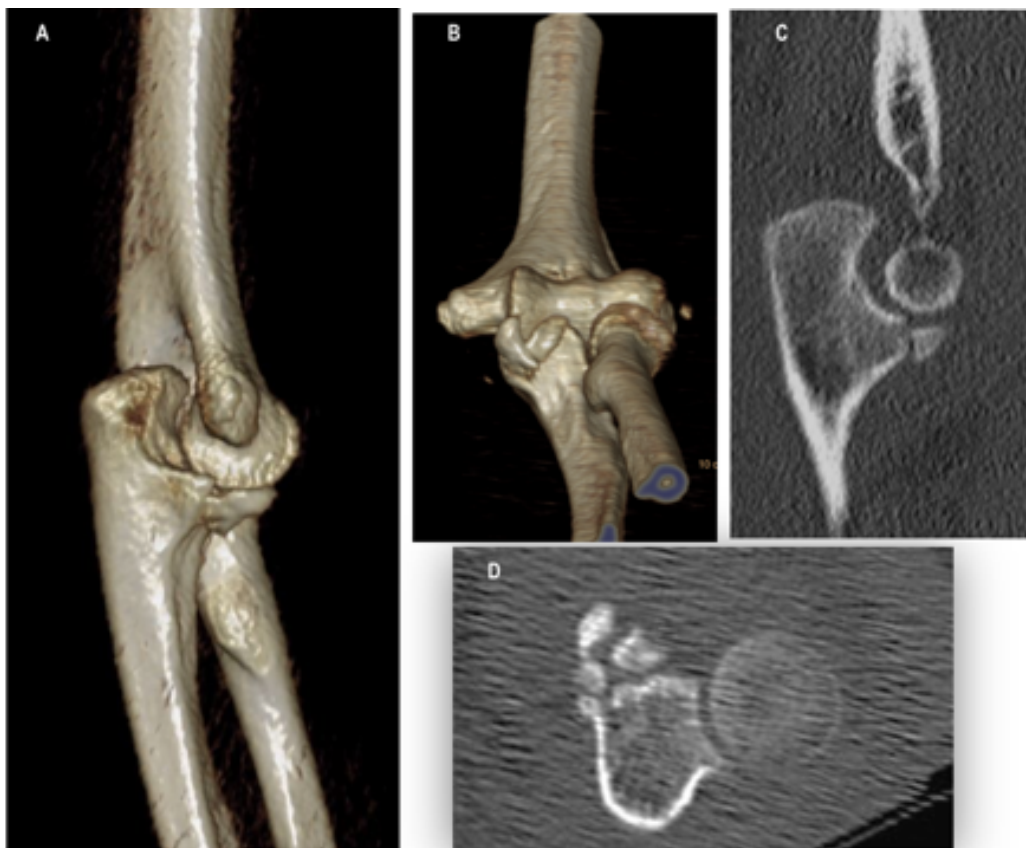


Figura 42. TCMD de codo con fractura-luxación de coronoides Tipo II subtipo 3 de O'Driscoll. **A.**Reconstrucción Volumétrica en visión medial donde se identifica la fractura de la coronoides y la subluxación articular. **B.**Reconstrucción Volumétrica en visión caudal donde objetiva la fractura de la coronoides en varios fragmentos. **C.**Reconstrucción Sagital donde se identifica la subluxación articular (aumento de la distancia cubitohumeral posterior). **D.**Reconstrucción Axial donde se identifica la extensa fractura de la coronoides que alcanza a más del 50% del T. Sublime.

A favor de las características que propone O'Driscoll para las fracturas anteromediales, hemos encontrado 14 pacientes (41.17%) en los que la fractura anteromedial se produce sin luxación, sin embargo solo en 3 de ellos (8.82%) se observó la típica impactación posteromedial en húmero distal que se ha relacionado con el patrón de IPMR (Por el contrario la impactación era posterolateral en 7 pacientes (20.58%), y no había impactación en 4 (11.76%) de ellos). En estos 3 pacientes con fractura de coronoides anteromedial que cumplen todas las características habituales del patrón IPMR, la morfología del lecho de fractura era cóncava, tal y como representa O'Driscoll en sus esquemas. (En la Figura 43 mostramos las imágenes del TCMD del codo de un paciente de nuestra muestra con fractura de coronoides -sin luxación- que afecta a la porción anteromedial con impactación en cara posterior de la tróclea humeral)

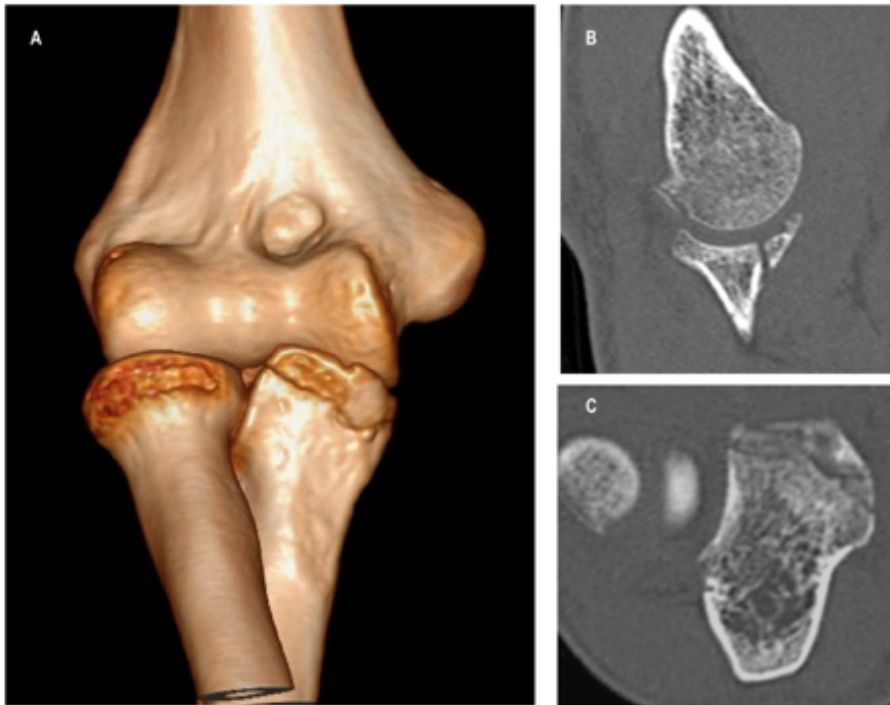


Figura 43. TCMD de codo con fractura- sin luxación- de coronoides Tipo II subtipo 2 de O'Driscoll. **A.**Reconstrucción Volumétrica en visión anteroinferior donde se identifica la fractura de la coronoides que afecta a la porción anteromedial. **B.**Reconstrucción Sagital donde se identifica la fractura de coronoides y la impactación posteromedial en cara posterior de la tróclea. **D.**Reconstrucción Axial donde se identifica la extensa fractura de la coronoides que alcanza a menos del 50% del T. Sublime (Tipo II subtipo 2 O'Driscoll) y la morfología cóncava del lecho de fractura.

Por otro lado, las características clásicas de las fracturas de coronoides relacionadas con el patrón de IPLR afectan a la punta de coronoides, asocian luxación y presentan fractura de cabeza de radio. Llama la atención que sólo en 3 (8.82%) de los 18 pacientes con mecanismo de luxación la localización de la fractura fue la esperada, es decir en la punta de la coronoides. En estos 3 casos se identificó además una impactación posterolateral en húmero distal en vez de la esperada fractura del radio, lo que hace pensar que en éstos, la cabeza del radio se luxó a posterior sin romperse, representando un mecanismo de lesión posterolateral rotatorio, con fractura de coronoides, luxación de codo, y sin fractura de la cabeza del radio, lo cual sería un nuevo patrón no descrito anteriormente. (En la Figura 44 mostramos las imágenes del TCMD del codo de un paciente de nuestra muestra con fractura- luxación de coronoides que afecta a la punta de la coronoides, con impactación en cara posterior del cóndilo humeral).



Figura 44. TCMD de codo con fractura-luxación de coronoides Tipo I O'Driscoll. *A.Reconstrucción Volumétrica en visión anteroinferior donde se identifica la fractura de la punta de la coronoides. B.Reconstrucción Volumétrica en visión craneal, con sustracción del húmero, donde objetiva la fractura de la punta de la coronoides. C.Reconstrucción Volumétrica en visión medial donde se identifica la fractura de la punta de la coronoides. D.Reconstrucción Sagital donde se identifica la impactación en la cara posterior del cóndilo humeral).*

Estos resultados nos obligan a replantear la asociación entre la localización anatómica de la fractura de la coronoides y un mecanismo y patrón de inestabilidad concreto, ya que un porcentaje importante de nuestros pacientes no cumplen las características típicas de los patrones descritos hasta la fecha. Por tanto creemos que las fracturas de coronoides, de localización anteromedial, se pueden producir por mecanismos distintos al patrón IPMR y pueden también encontrarse en un patrón IPLR, mientras que sin embargo las fracturas de punta de coronoides, parecen no asociarse a mecanismos de lesión posteromediales tal y como queda representado en la Tabla 13.

5.6 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS INTRAOBSERVADOR E INTEROBSERVADOR

El protocolo de mediciones que se utilizó en este proyecto se realizó sobre imágenes de TCMD que incluían tanto reconstrucciones MPR (imágenes 2D) como las reconstrucciones volumétricas (imágenes 3D), ya que en la práctica clínica habitual el radiólogo dispone ambos tipos de imagen para el análisis de las fracturas. En los últimos años se han publicado varios trabajos que tratan de aclarar en qué medida el análisis de las reconstrucciones volumétricas mejora la variabilidad intra e interobservador en las clasificaciones de las fracturas de diferentes articulaciones, sin embargo los resultados han resultado poco alentadores(100-103). Así, para la clasificación de las fracturas de húmero proximal hay pobre concordancia utilizando tanto imágenes MPR como volumétricas(100), mientras que para las fracturas de húmero distal y cabeza del radio se observa una discreta mejoría en la concordancia utilizando las imágenes volumétricas, pero sin conseguir una concordancia interobservador aceptable(101, 103). Los resultados de la concordancia para la clasificación de las fracturas de platillo tibial muestran que las reconstrucciones volumétricas tampoco aportan ningún valor en la fiabilidad(102). En el caso concreto de las fracturas de coronoides hemos encontrado dos publicaciones que tratan de valorar el efecto de las reconstrucciones volumétricas en la fiabilidad de las clasificaciones. Lindenhovius en 2009 observó que dichas reconstrucciones mejoraban discretamente la concordancia interobservador en la clasificación de las fracturas de coronoides, tanto para el sistema de clasificación de Regan y Morrey como para el de O'Driscoll (alcanzando valores concordancia Kappa en torno a 0.5 cuando con las reconstrucciones MPR eran próximos a 0.4). Así, este autor propuso la posibilidad de que la variabilidad dependiera más del entrenamiento en el análisis de los estudios que de la mejora en las técnicas de imagen(104). Posteriormente, en 2013 Guitton hizo un estudio similar con 28 pacientes con fractura de coronoides, pero a diferencia del anterior, realizó comprobación quirúrgica de los hallazgos y concluyó que aunque el análisis volumétrico mejora la fiabilidad en la clasificación de la fractura (para la clasificación de O'Driscoll el índice Kappa pasa de 0.17 utilizando reconstrucciones MPR a 0.40 con las reconstrucciones volumétricas) no mejora la precisión diagnóstica(105).

Todos estos trabajos mencionados anteriormente son estudios de variabilidad intra e interobservador que se han realizado para estudiar la concordancia en la clasificación de

las fracturas, pero no tenemos conocimiento de ninguna publicación que haya estudiado la concordancia intra e interobservador de parámetros cuantitativos en ninguna articulación. Tal y como hemos señalado anteriormente, estos parámetros cuantitativos van a ser determinantes en las fracturas de coronoides para una correcta clasificación y por tanto van a condicionar el manejo terapéutico por lo que el estudio de fiabilidad de las mismas nos parece de gran relevancia.

En el **análisis de concordancia intraobservador** se han obtenido resultados muy dispares entre el observador de mayor experiencia (primer observador) y el resto de observadores del estudio.

El primer observador tuvo unos resultados de concordancia entre sus dos mediciones casi excelentes en todos los parámetros analizados (cualitativos y cuantitativos) salvo para el *área de fractura de coronoides*. Esta variable, como hemos mencionado anteriormente presentaba un gran inconveniente al medirse en el plano axial ya que el hecho de que la mayoría de los fragmentos estuvieran angulados no permitía sacar en un único corte axial la totalidad del hueso subcondral fracturado de la coronoides, lo que nos parece justifica la pobre concordancia de este parámetro incluso en el observador más experimentado.

Por otro lado, los dos observadores que no tenían experiencia en el análisis de imagen tuvieron peores resultados en la concordancia entre las mediciones de todos los parámetros. Sin embargo, a pesar de este inconveniente ambos obtuvieron una concordancia aceptable para el *área de coronoides respetada*, el *porcentaje de área de fractura de coronoides* y la *altura respetada de coronoides*. Podemos asumir por tanto, que estos parámetros son más fiables y que no dependen tanto de la experiencia del observador como el resto. En este sentido cabe plantearse la idoneidad en la elección del parámetro de la *altura del fragmento de coronoides* como principal valor de imagen para la clasificación de las fracturas y por tanto como condicionante de la actitud terapéutica como defienden la mayoría de los grupos de trabajo(24, 66, 70, 75, 77, 85). Tal y como reflejan nuestros resultados sería necesario un grado de experiencia elevado para poder obtener resultados fiables en la medición de la *altura del fragmento de coronoides*.

Otro de los parámetros que influyen de manera decisiva en el tratamiento es la *inestabilidad articular*(61, 73-75, 89). En este trabajo esta variable se midió en dos planos (sagital y coronal) tanto de manera cualitativa como cuantitativa obteniendo

resultados de concordancia muy elevados para el observador más experimentado en la medición cualitativa de la subluxación articular (K: 0,872 en el plano sagital y K: 0,799 en el plano coronal). Por ello consideramos que la medición de esta variable de manera cuantitativa es un trabajo que dilata el proceso de análisis de manera innecesaria en observadores experimentados, ya que el conocimiento de la fisiopatología de estas fracturas permite realizar un análisis cualitativo adecuado de la inestabilidad articular.

El **análisis de la concordancia interobservador** se realizó con las segundas mediciones de cada uno de los observadores ya que se consideró que los observadores menos experimentados habrían realizado las mismas con mayor grado de comodidad al sentirse ya familiarizados con el visor de imagen y el protocolo.

De nuevo, observamos que el parámetro de la *altura del fragmento de coronoides* tuvo pobre concordancia interobservador en todos los casos por lo que reiteramos la dudosa idoneidad del mismo para clasificar y manejar las fracturas de coronoides tal y como propone la Clasificación de O'Driscoll(24). Este parámetro además de presentar poca fiabilidad en las mediciones entre observadores puede verse condicionado por la variabilidad de tamaño del cúbito en los diferentes sujetos.

Por el contrario, el *área respetada de coronoides* tuvo una concordancia interobservador entre aceptable y excelente en todos los casos. Del mismo modo el *porcentaje de área fracturada de coronoides*, la *altura respetada de coronoides*, el *porcentaje de altura del fragmento de coronoides* y el *desplazamiento de la fractura de coronoides*, obtuvieron resultados de concordancia interobservador aceptables. Por este motivo, nos parece interesante abrir la posibilidad de sean algunos de estos parámetros más reproducibles los que intervengan en la clasificación de las fracturas o en su manejo terapéutico. Sin embargo, el factor de la variabilidad del tamaño del cúbito, también puede afectar al parámetro de la *altura de la coronoides respetada*. Por ello, y según nuestros resultados, el parámetro que consideramos más idóneo para influir en la clasificación de las fracturas y condicionar cambios en la actitud terapéutica sería el *porcentaje de altura del fragmento de coronoides* ya que podríamos analizar con una concordancia aceptable, incluso en observadores poco experimentados, la cantidad de coronoides que se ha fragmentado respecto a la que ha quedado intacta, independientemente de la variabilidad anatómica del tamaño del cúbito de cada sujeto. Teniendo en cuenta que el porcentaje de altura del fragmento obtuvo una concordancia intraobservador excelente para el observador más experimentado, es de esperar que la

concordancia intra e interobservador para este parámetro pudiese mejorar con la mayor práctica de los investigadores.

Tal y como hemos podido observar en los resultados y hemos puntualizado en la discusión, el grado de experiencia podría ser determinante para mejorar la **variabilidad intra e interobservador**. En este proyecto, tanto el segundo como el tercer observador, al ser estudiantes de último año del Grado de Medicina no tenían un amplio conocimiento de las fracturas de coronoides y por tanto la interpretación de sus resultados llegó a ser errónea en algunos de los casos tal y como pudimos comprobar al revisar las imágenes y los valores de las mediciones que habían realizado. Además, estos observadores no estaban familiarizados con visores radiológicos y carecían de experiencia en el análisis de imágenes y en la realización de reconstrucciones MPR. Creemos que este factor influyó para que la concordancia intraobservador de estos dos investigadores fuese pobre (en la medición de la *altura del fragmento de coronoides*) o aceptable (en el área respetada de coronoides, el *porcentaje de área fracturada de coronoides* y *altura respetada de coronoides*) mientras que en el caso investigador especializado en radiología musculoesquelética resultara excelente en muchas de las variables estudiadas (*área respetada de coronoides*, *ángulo de inclinación de la fractura*, *altura del fragmento de coronoides*, *altura respetada de coronoides* y *porcentaje de altura del fragmento de coronoides*). Esto apoya que es necesario cierto grado de conocimiento y experiencia en el análisis radiológico de estas fracturas y en el manejo del protocolo que hemos definido para obtener resultados con mayor grado de fiabilidad.

Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, el protocolo propuesto en este trabajo permitió obtener una concordancia interobservador aceptable en algunas variables (*el área respetada de coronoides*, *el porcentaje de área fracturada de coronoides*, *la altura respetada de coronoides*, y *el desplazamiento de la fractura de coronoides*), que son precisamente las mismas variables en las que se ha obtenido una concordancia moderada en el análisis intraobservador de los investigadores menos experimentados. Esto hace pensar que en estos casos no exista un efecto de aprendizaje sino más bien que la medición resulte sencilla de realizar desde un primer momento y puedan obtenerse resultados aceptables de concordancia independientemente del grado de experiencia. El aprendizaje y la experiencia probablemente intervendrían para poder

alcanzar resultados excelentes de concordancia en esas variables, aunque son necesarios más estudios que confirmen este supuesto.

5.7 LINEAS DE INVESTIGACION FUTURA

Con el fin de explorar la importancia del aprendizaje en el análisis de imagen hemos ampliado el proyecto para incluir otros observadores con distinto grado de formación radiológica que nos permita confirmar si la experiencia es necesaria para obtener un mejor resultado en la concordancia de las variables. Así, se han incorporado a este trabajo dos nuevos investigadores: un radiólogo general sin experiencia en patología musculoesquelética y un radiólogo con más de 4 años de experiencia en imagen musculoesquelética. En este momento estos dos nuevos observadores ya han finalizado el análisis de todos los estudios por primera vez y realizarán el segundo análisis cuando cumplan tres meses desde la finalización del primera.

Este trabajo de investigación de análisis radiológico forma parte de un proyecto más amplio, dirigido por Traumatología, en el que se ha tratado de manera conservadora a gran parte de los pacientes de esta muestra, independientemente del tamaño (altura del fragmento) o desplazamiento del fragmento. Los resultados preliminares muestran muy buena evolución clínica de estos pacientes a 1 año, lo que apoya la hipótesis de que la indicación quirúrgica debe realizarse en función de otros parámetros que no incluyan la altura del fragmento (como son la presencia de signos de inestabilidad y la afectación del Tubérculo sublime). Como ha quedado demostrado en este trabajo la *altura del fragmento de coronoides* en la que se basan varios autores(24, 61-63, 66, 70, 74, 77, 85, 86) para clasificar las fracturas e indicar el tratamiento quirúrgico es una variable radiológica que tiene poca concordancia interobservador y parece necesaria experiencia para obtener resultados fiables en sus mediciones, por lo que es cuestionable que se tome como el principal parámetro condicionante de la actitud terapéutica. Los resultados preliminares de este trabajo ya han sido expuestos en foros internacionales(106, 107).

6.CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIÓN SOBRE EL OBJETIVO PRINCIPAL

Las fracturas aisladas de coronoides pueden analizarse mediante un protocolo de TCMD referenciado exclusivamente al cúbito, obviando cualquier alteración de la alineación o de la congruencia articular derivada de la lesión.

6.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS OBJETIVOS SECUNDARIOS

- La mayoría de las fracturas aisladas de coronoides son de localización anteromedial.
- Las fracturas anteromediales podrían producirse por diferentes mecanismos lesionales o patrones de lesión específicos (IPMR , IPLR).
- El protocolo de análisis de TCMD diseñado en este trabajo es reproducible de manera aceptable en los siguientes parámetros: *área respetada de coronoides, el porcentaje del área de fractura de coronoides, la altura respetada de coronoides, el desplazamiento de la fractura de coronoides y el porcentaje de altura del fragmento de coronoides*; sin embargo, resulta necesaria experiencia adicional en el parámetro de la *altura del fragmento de coronoides*.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Fornalski S, Gupta R, Lee TQ. Anatomy and biomechanics of the elbow joint. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2003;7(4):168-78.
2. Bernáldez Domínguez PCMR, D. Patología traumática del codo y sus secuelas: Nuevas ideas. 4ª Monografía de la SATO 2011.
3. Morrey BSS, J;. *The Elbow and its disorders.* Fourth ed: Saunders; 2008.
4. Weber MF, Barbosa DM, Belentani C, Ramos PM, Trudell D, Resnick D. Coronoid process of the ulna: paleopathologic and anatomic study with imaging correlation. Emphasis on the anteromedial "facet". *Skeletal radiology.* 2009;38(1):61-7.
5. Wells J, Ablove RH. Coronoid fractures of the elbow. *Clinical medicine & research.* 2008;6(1):40-4.
6. Yong WJ, Tan J, Adikrishna A, Lee HJ, Jung JW, Cho DW, et al. Morphometric analysis of the proximal ulna using three-dimensional computed tomography and computer-aided design: varus, dorsal, and torsion angulation. *Surgical and radiologic anatomy : SRA.* 2014;36(8):763-8.
7. Rouleau DM, Faber KJ, Athwal GS. The proximal ulna dorsal angulation: a radiographic study. *Journal of shoulder and elbow surgery.* 2010;19(1):26-30.
8. Beser CG, Demiryurek D, Ozsoy H, Ercakmak B, Hayran M, Kizilay O, et al. Redefining the proximal ulna anatomy. *Surgical and radiologic anatomy : SRA.* 2014;36(10):1023-31.
9. Reichel LM, Morales OA. Gross anatomy of the elbow capsule: a cadaveric study. *The Journal of hand surgery.* 2013;38(1):110-6.
10. Daniels DL, Mallisee TA, Erickson SJ, Boynton MD, Carrera GF. The elbow joint: osseous and ligamentous structures. *Radiographics.* 1998;18(1):229-36.
11. Munshi M, Pretterklieber ML, Chung CB, Haghighi P, Cho JH, Trudell DJ, et al. Anterior bundle of ulnar collateral ligament: evaluation of anatomic relationships by using MR imaging, MR arthrography, and gross anatomic and histologic analysis. *Radiology.* 2004;231(3):797-803.
12. Hackl M, Bercher M, Wegmann K, Muller LP, Dargel J. Functional anatomy of the lateral collateral ligament of the elbow. *Archives of orthopaedic and trauma surgery.* 2016;136(7):1031-7.

13. Martin S, Sanchez E. Anatomy and biomechanics of the elbow joint. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2013;17(5):429-36.
14. Tomsick SD, Petersen BD. Normal anatomy and anatomical variants of the elbow. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2010;14(4):379-93.
15. Pollock JW, Brownhill J, Ferreira LM, McDonald CP, Johnson JA, King GJ. Effect of the posterior bundle of the medial collateral ligament on elbow stability. *The Journal of hand surgery*. 2009;34(1):116-23.
16. Shukla DR, Golan E, Nasser P, Culbertson M, Hausman M. Importance of the posterior bundle of the medial ulnar collateral ligament. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2016;25(11):1868-73.
17. An KN, Morrey BF, Chao EY. The effect of partial removal of proximal ulna on elbow constraint. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(209):270-9.
18. Morrey BF, An KN. Articular and ligamentous contributions to the stability of the elbow joint. *Am J Sports Med*. 1983;11(5):315-9.
19. Morrey BF, An KN. Stability of the elbow: osseous constraints. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2005;14(1 Suppl S):174s-8s.
20. O'Driscoll SW, Jupiter JB, King GJ, Hotchkiss RN, Morrey BF. The unstable elbow. *Instructional course lectures*. 2001;50:89-102.
21. Del Cura JP, S; Gayete, A;. *Radiología Esencial*. 1ª ed. Madrid: PANAMERICANA; 2010.
22. Crosby NE, Greenberg JA. Radiographic evaluation of the elbow. *The Journal of hand surgery*. 2014;39(7):1408-14.
23. Goswami GK. The fat pad sign. *Radiology*. 2002;222(2):419-20.
24. O'Driscoll SW, Jupiter JB, Cohen MS, Ring D, McKee MD. Difficult elbow fractures: pearls and pitfalls. *Instructional course lectures*. 2003;52:113-34.
25. Coonrad RW, Roush TF, Major NM, Basamania CJ. The drop sign, a radiographic warning sign of elbow instability. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2005;14(3):312-7.

26. Tagliafico AS, Bignotti B, Martinoli C. Elbow US: Anatomy, Variants, and Scanning Technique. *Radiology*. 2015;275(3):636-50.
27. Konin GP, Nazarian LN, Walz DM. US of the elbow: indications, technique, normal anatomy, and pathologic conditions. *Radiographics*. 2013;33(4):E125-47.
28. Draghi F, Danesino GM, de Gautard R, Bianchi S. Ultrasound of the elbow: Examination techniques and US appearance of the normal and pathologic joint. *Journal of ultrasound*. 2007;10(2):76-84.
29. Choi SJ, Ahn JH, Ryu DS, Kang CH, Jung SM, Park MS, et al. Ultrasonography for nerve compression syndromes of the upper extremity. *Ultrasonography (Seoul, Korea)*. 2015;34(4):275-91.
30. Geijer M, El-Khoury GY. MDCT in the evaluation of skeletal trauma: principles, protocols, and clinical applications. *Emergency radiology*. 2006;13(1):7-18.
31. Sormaala MJ, Sormaala A, Mattila VM, Koskinen SK. MDCT findings after elbow dislocation: a retrospective study of 140 patients. *Skeletal radiology*. 2014;43(4):507-12.
32. Haapamaki VV, Kiuru MJ, Koskinen SK. Multidetector computed tomography diagnosis of adult elbow fractures. *Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987)*. 2004;45(1):65-70.
33. Aparisi F, Aparisi MP. The value of multislice computed tomography in the diagnosis of elbow fractures. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2013;17(5):437-45.
34. Sonin AH, Tutton SM, Fitzgerald SW, Peduto AJ. MR imaging of the adult elbow. *Radiographics*. 1996;16(6):1323-36.
35. Prieto JEL. Manual de Resonancia Magnética Osteoarticular. In: Asepeyo H, editor. 2002.
36. Binaghi D. MR Imaging of the Elbow. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*. 2015;23(3):427-40.
37. Chung CB, Stanley AJ, Gentili A. Magnetic resonance imaging of elbow instability. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2005;9(1):67-76.

38. Dewan AK, Chhabra AB, Khanna AJ, Anderson MW, Brunton LM. MRI of the elbow: techniques and spectrum of disease: AAOS exhibit selection. The Journal of bone and joint surgery American volume. 2013;95(14):e99 1-13.
39. Stevens KJ. Magnetic resonance imaging of the elbow. Journal of magnetic resonance imaging : JMRI. 2010;31(5):1036-53.
40. Kijowski R, Tuite M, Sanford M. Magnetic resonance imaging of the elbow. Part II: Abnormalities of the ligaments, tendons, and nerves. Skeletal radiology. 2005;34(1):1-18.
41. Cotten A, Jacobson J, Brossmann J, Hodler J, Trudell D, Resnick D. MR arthrography of the elbow: normal anatomy and diagnostic pitfalls. Journal of computer assisted tomography. 1997;21(4):516-22.
42. Delport AG, Zoga AC. MR and CT arthrography of the elbow. Semin Musculoskelet Radiol. 2012;16(1):15-26.
43. Lee RK, Griffith JF, Yuen BT, Ng AW, Yeung DK. Elbow MR arthrography with traction. The British journal of radiology. 2016;89(1064):20160378.
44. Magee T. Accuracy of 3-T MR arthrography versus conventional 3-T MRI of elbow tendons and ligaments compared with surgery. AJR American journal of roentgenology. 2015;204(1):W70-5.
45. Waldt S, Bruegel M, Ganter K, Kuhn V, Link TM, Rummeny EJ, et al. Comparison of multislice CT arthrography and MR arthrography for the detection of articular cartilage lesions of the elbow. European radiology. 2005;15(4):784-91.
46. Antuña SAOD, S.W. Inestabilidad del codo: Etiología, diagnóstico y tratamiento. Rev Ortoped Traumatol. 2000;44(1):66-77.
47. Ebrahimzadeh MH, Amadzadeh-Chabock H, Ring D. Traumatic elbow instability. The Journal of hand surgery. 2010;35(7):1220-5.
48. Schaeffeler C, Waldt S, Woertler K. Traumatic instability of the elbow - anatomy, pathomechanisms and presentation on imaging. European radiology. 2013;23(9):2582-93.
49. O'Driscoll SW, Morrey BF, Korinek S, An KN. Elbow subluxation and dislocation. A spectrum of instability. Clin Orthop Relat Res. 1992(280):186-97.

50. Bohn K, Ipaktchi K, Livermore M, Cao J, Banegas R. Current treatment concepts for "terrible triad" injuries of the elbow. *Orthopedics*. 2014;37(12):831-7.
51. Chemama B, Bonneville N, Peter O, Mansat P, Bonneville P. Terrible triad injury of the elbow: how to improve outcomes? *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2010;96(2):147-54.
52. Mathew PK, Athwal GS, King GJ. Terrible triad injury of the elbow: current concepts. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2009;17(3):137-51.
53. Ozel O, Demircay E. Review of management of unstable elbow fractures. *World journal of orthopedics*. 2016;7(1):50-4.
54. Chen NC, Ring D. Terrible Triad Injuries of the Elbow. *The Journal of hand surgery*. 2015;40(11):2297-303.
55. Kovacevic D, Vogel LA, Levine WN. Complex Elbow Instability: Radial Head and Coronoid. *Hand clinics*. 2015;31(4):547-56.
56. Mellema JJ, Doornberg JN, Dyer GS, Ring D. Distribution of coronoid fracture lines by specific patterns of traumatic elbow instability. *The Journal of hand surgery*. 2014;39(10):2041-6.
57. Giannicola G, Sacchetti FM, Greco A, Cinotti G, Postacchini F. Management of complex elbow instability. *Musculoskeletal surgery*. 2010;94 Suppl 1:S25-36.
58. Mouhsine E, Akiki A, Castagna A, Cikes A, Wettstein M, Borens O, et al. Transolecranon anterior fracture dislocation. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2007;16(3):352-7.
59. Ring D, Jupiter JB. Fracture-dislocation of the elbow. *Hand clinics*. 2002;18(1):55-63.
60. Wong JC, Getz CL, Abboud JA. Adult Monteggia and Olecranon Fracture Dislocations of the Elbow. *Hand clinics*. 2015;31(4):565-80.
61. Steinmann SP. Coronoid process fracture. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2008;16(9):519-29.

62. Beingessner DM, Dunning CE, Stacpoole RA, Johnson JA, King GJ. The effect of coronoid fractures on elbow kinematics and stability. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2007;22(2):183-90.
63. Regan W, Morrey B. Fractures of the coronoid process of the ulna. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1989;71(9):1348-54.
64. Regan W, Morrey BF. Classification and treatment of coronoid process fractures. *Orthopedics*. 1992;15(7):845-8.
65. Sheehan SE, Dyer GS, Sodickson AD, Patel KI, Khurana B. Traumatic elbow injuries: what the orthopedic surgeon wants to know. *Radiographics*. 2013;33(3):869-88.
66. Adams JE, Hoskin TL, Morrey BF, Steinmann SP. Management and outcome of 103 acute fractures of the coronoid process of the ulna. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2009;91(5):632-5.
67. Doornberg JN, de Jong IM, Lindenhovius AL, Ring D. The anteromedial facet of the coronoid process of the ulna. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2007;16(5):667-70.
68. Adams JE, Sanchez-Sotelo J, Kallina CF, Morrey BF, Steinmann SP. Fractures of the coronoid: morphology based upon computer tomography scanning. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2012;21(6):782-8.
69. Wake H, Hashizume H, Nishida K, Inoue H, Nagayama N. Biomechanical analysis of the mechanism of elbow fracture-dislocations by compression force. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*. 2004;9(1):44-50.
70. Pollock JW, Brownhill J, Ferreira L, McDonald CP, Johnson J, King G. The effect of anteromedial facet fractures of the coronoid and lateral collateral ligament injury on elbow stability and kinematics. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2009;91(6):1448-58.
71. Gray AB, Alolabi B, Ferreira LM, Athwal GS, King GJ, Johnson JA. The effect of a coronoid prosthesis on restoring stability to the coronoid-deficient elbow: a biomechanical study. *The Journal of hand surgery*. 2013;38(9):1753-61.

72. Closkey RF, Goode JR, Kirschenbaum D, Cody RP. The role of the coronoid process in elbow stability. A biomechanical analysis of axial loading. The Journal of bone and joint surgery American volume. 2000;82-a(12):1749-53.
73. Moon JG, Bither N, Jeon YJ, Oh SM. Non surgically managed anteromedial coronoid fractures in posteromedial rotatory instability: three cases with 2 years follow-up. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2013;133(12):1665-8.
74. Hartzler RU, Llusà-Perez M, Steinmann SP, Morrey BF, Sanchez-Sotelo J. Transverse coronoid fracture: when does it have to be fixed? Clin Orthop Relat Res. 2014;472(7):2068-74.
75. Chan K, Faber KJ, King GJ, Athwal GS. Selected anteromedial coronoid fractures can be treated nonoperatively. Journal of shoulder and elbow surgery. 2016;25(8):1251-7.
76. Tashjian RZ, Wolf BR, van Riet RP, Steinmann SP. The Unstable Elbow: Current Concepts in Diagnosis and Treatment. Instructional course lectures. 2016;65:55-82.
77. Rhyou IH, Kim KC, Lee JH, Kim SY. Strategic approach to O'Driscoll type 2 anteromedial coronoid facet fracture. Journal of shoulder and elbow surgery. 2014;23(7):924-32.
78. Kundel HL, Polansky M. Measurement of Observer Agreement. Radiology. 2003;228(2):303-8.
79. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33(1):159-74.
80. Cerda L J, Villaroel L. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. Revista chilena de pediatría. 2008;79:54-8.
81. M DMJ. Fundamentos de Diseño y Estadística. Unidad Didáctica 14. Medida del cambio: Análisis de diseños con medida intrasujeto. Estudio de concordancia. 12ª ed. Barcelona 2011 dec.
82. Pollock JW, Pichora J, Brownhill J, Ferreira LM, McDonald CP, Johnson JA, et al. The influence of type II coronoid fractures, collateral ligament injuries, and surgical repair on the kinematics and stability of the elbow: an in vitro biomechanical study. Journal of shoulder and elbow surgery. 2009;18(3):408-17.

83. Sanchez-Sotelo J, O'Driscoll SW, Morrey BF. Medial oblique compression fracture of the coronoid process of the ulna. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2005;14(1):60-4.
84. Terada N, Yamada H, Seki T, Urabe T, Takayama S. The importance of reducing small fractures of the coronoid process in the treatment of unstable elbow dislocation. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2000;9(4):344-6.
85. Park SM, Lee JS, Jung JY, Kim JY, Song KS. How should anteromedial coronoid facet fracture be managed? A surgical strategy based on O'Driscoll classification and ligament injury. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2015;24(1):74-82.
86. Ring D, Doornberg JN. Fracture of the anteromedial facet of the coronoid process. Surgical technique. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2007;89 Suppl 2 Pt.2:267-83.
87. Cohen MS. Fractures of the coronoid process. *Hand clinics*. 2004;20(4):443-53.
88. Ramirez MA, Stein JA, Murthi AM. Varus Posteromedial Instability. *Hand clinics*. 2015;31(4):557-63.
89. Budoff JE. Coronoid fractures. *The Journal of hand surgery*. 2012;37(11):2418-23.
90. Wang X, Chang SM, Yu GR. Anteromedial coronoid facet fractures. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*. 2013;23(3):251-5.
91. Borrelli J, Jr., Goldfarb C, Catalano L, Evanoff BA. Assessment of articular fragment displacement in acetabular fractures: a comparison of computerized tomography and plain radiographs. *Journal of orthopaedic trauma*. 2002;16(7):449-56; discussion 56-7.
92. Chalmers PN, Salazar D, Chamberlain A, Keener JD. Radiographic characterization of the B2 glenoid: the effect of computed tomographic axis orientation. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2017;26(2):258-64.
93. Gross DJ, Golijanin P, Dumont GD, Parada SA, Vopat BG, Reinert SE, et al. The effect of sagittal rotation of the glenoid on axial glenoid width and glenoid version in computed tomography scan imaging. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2016;25(1):61-8.

94. Lang JE, Cothran RL, Pietrobon R, Olson SA. Observer variability in assessing articular surface displacement in acetabular fractures using a standardized measurement technique. *Journal of surgical orthopaedic advances*. 2009;18(1):9-12.
95. van de Bunt F, Pearl ML, Lee EK, Peng L, Didomenico P. Glenoid version by CT scan: an analysis of clinical measurement error and introduction of a protocol to reduce variability. *Skeletal radiology*. 2015;44(11):1627-35.
96. Doornberg JN, Ring D. Coronoid fracture patterns. *The Journal of hand surgery*. 2006;31(1):45-52.
97. Kekatpure AL, Aminata IW, Jeon IH, Rhyou IH, Lee HJ, Chun JM. Isolated coronoid fracture: Assessment by magnetic resonance imaging for concomitant injuries. *Indian journal of orthopaedics*. 2016;50(3):311-5.
98. Shahabpour M, Kichouh M, Laridon E, Gielen JL, De Mey J. The effectiveness of diagnostic imaging methods for the assessment of soft tissue and articular disorders of the shoulder and elbow. *European journal of radiology*. 2008;65(2):194-200.
99. Ring D. Fractures of the coronoid process of the ulna. *The Journal of hand surgery*. 2006;31(10):1679-89.
100. Bruinsma WE, Guitton TG, Warner JJ, Ring D. Interobserver reliability of classification and characterization of proximal humeral fractures: a comparison of two and three-dimensional CT. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2013;95(17):1600-4.
101. Doornberg J, Lindenhovius A, Kloen P, van Dijk CN, Zurakowski D, Ring D. Two and three-dimensional computed tomography for the classification and management of distal humeral fractures. Evaluation of reliability and diagnostic accuracy. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2006;88(8):1795-801.
102. Doornberg JN, Rademakers MV, van den Bekerom MP, Kerkhoffs GM, Ahn J, Steller EP, et al. Two-dimensional and three-dimensional computed tomography for the classification and characterisation of tibial plateau fractures. *Injury*. 2011;42(12):1416-25.
103. Guitton TG, Ring D. Interobserver reliability of radial head fracture classification: two-dimensional compared with three-dimensional CT. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2011;93(21):2015-21.

104. Lindenhovius A, Karanicolas PJ, Bhandari M, van Dijk N, Ring D. Interobserver reliability of coronoid fracture classification: two-dimensional versus three-dimensional computed tomography. *The Journal of hand surgery*. 2009;34(9):1640-6.
105. Guitton TG, Kinaci A, Ring D. Diagnostic accuracy of 2- and 3-dimensional computed tomography and solid modeling of coronoid fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2013;22(6):782-6.
106. Foruria A. Outcome after conservative treatment of Isolated Coronoid fractures and fractures dislocations. Mayo Elbow Club. Mayo Clinic, Rochester MN, USAMay 2014.
107. AM Foruria JCM, D Morcillo, E Calvo. Conservative treatment of isolated coronoid fractures and fractures dislocations. European Society for Surgery of Shoulder and Elbow (SECEC). Milano. Italy Sept. 2015.

